

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Optimalizace interních logistických toků výroby těles dieselových čerpadel "CP3"

Optimization of the internal logistic flows of the production of the diesel pumps "CP3"

Bakalářská práce

Autor:	Gabriel Szenczi
Vedoucí práce:	Ing. Petr Rálek, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Martin Havelka

V Liberci 19. 5. 2011

Originální zadání práce

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce panu Ing. Petru Rálkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Dále děkuji firmě BOSCH Diesel s.r.o. za to, že jsem mohl tuto práci vypracovávat v areálu firmy v Jihlavě. Zejména pak děkuji panu Ing. Martinovi Havelkovi a paní Ing. Monice Bratršovské za poskytnutí materiálů, výbornou spolupráci, podněty a nápady.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je optimalizace interních logistických toků ve výrobě těles CP3 ve firmě BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě. Optimalizace jsou navrženy na základě ručně vytvořených spaghetti diagramů a materiálového toku výrobní linky Flex. Práce je rozdělená na dvě části. Teoretická část práce se zabývá nejpoužívanějšími logistickými systémy v průmyslové výrobě, základními optimalizačními kritérii a principy v jednotlivých částech výrobních řetězců. Práce pokračuje zdokumentováním současného stavu výroby těles CP3, který je popsán z hlediska interních logistických toků v celém výrobním řetězci. Praktická část práce se zabývá optimalizací interních logistických toků ve výrobě těles CP3. Jsou zde rozepsány podrobně všechny navrhované projekty pro optimalizaci výrobní linky včetně jejich přínosu, vyčíslení úspor a změn.

Abstract

The goal of this thesis is the optimization of the internal logistic flow of the production of CP3 parts in the company BOSCH Diesel s.r.o. in Jihlava. Optimization plans are designed on the basis of the hand-made spaghetti diagrams and materials flow of the Flex, production line. There are two parts of the work. First part is theoretical and it is about the most used logistic systems, which are used in industrial, about basic optimization criteria and principles of the manufacture. Work continues with the documentation of the current condition of the CP3 production, which is described in the terms of the internal logistic flows for the whole production chain. The practical part is about optimization of the internal logistic flow of the CP3 production. They are all detail about all proposed projects for the optimization of production lines, including their benefits and quantifying savings and changes.

Klíčová slova

logistické principy

optimalizace

těleso čerpadla

výrobní linka

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Seznam příloh	8
Seznam pojmů.....	10
Seznam zkratk	12
1 Úvod.....	13
2 O firmě BOSCH s.r.o.	14
2.1 Společnost BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě	14
2.2 Výrobní linky těles CP3 ve firmě BOSCH Diesel s.r.o.	15
3 Základní logistické principy.....	16
3.1 Logistický řetězec	16
3.2 Kanban	16
3.3 Supermarket	16
3.4 Princip Push	17
3.5 Princip Pull.....	17
3.6 Tok	18
3.6.1 Informační tok.....	18
3.6.2 Materiálový tok	18
4 Bosch Production System	19
4.1 Princip Pull v BPS.....	19
4.1.1 Řízení spotřeby Kanbanem	20
4.1.2 Procesní kroky v Kanbanovém cyklu.....	20
4.2 5S	21
4.3 Nivelizace.....	21
4.4 Quick Change Over.....	22
4.5 Milkrun.....	23
5 Plánování hodnotového toku VSP	24
6 Výrobní linka Flex WB+WBH	25
6.1 Současný stav výrobní linky Flex WB+WBH	25
6.2 VSM linky Flex WB + WBH.....	27
6.2.1 Návrhy optimalizací Flex WB+WBH.....	28
6.3 VSD a realizace návrhů optimalizace výrobní linky Flex WB + WBH.....	29
7 Výrobní linka Flex HB.....	32

7.1 Současný stav linky Flex HB	32
7.2 VSM výrobní linky Flex HB.....	33
7.2.1 Návrhy optimalizací Flex HB	33
7.3 VSD a návrhy optimalizace výrobní linky Flex HB	34
8 Závěr	36
Použitá literatura	38
Přílohy.....	40

Seznam příloh

- Obr. 1: Původní layout linky Flex WB, operace OP10-60.
- Obr. 2: Původní layout výrobní linky Flex WBH, vizuální kontrola a kalírna.
- Obr. 3: Původní layout výrobní linky Flex HB, OP140-160, Kadia, Gehring a zkouška těsnosti.
- Obr. 4: VSM pro měkkou část Flex výrobní linky s CIP projekty.
- Obr. 5: VSM pro tvrdou část Flex výrobní linky s CIP projekty.
- Obr. 6: Výsledný VSD měkké části výrobní linky Flex. Červeně jsou zvýrazněny změny.
- Obr. 7: Výsledný VSD tvrdé části výrobní linky Flex. Červeně jsou zvýrazněny změny.
- Obr. 8: Původní rozestavění odsávacího zařízení.
- Obr. 9: Návrh na přidání druhého odsávacího zařízení.
- Obr. 10: Definování nové FIFO dráhy po pračce.
- Obr. 11: Původní prostorové rozmístění kontroly těles se znázorněným materiálovým tokem.
- Obr. 12: V červených rámečcích je znázorněno nové rozmístění strojů a materiálový tok.
- Obr. 13: Na layoutu je vyznačeno místo, kde chybí FIFO dráha po operaci AFM.
- Obr. 14: Definování a realizace nové FIFO dráhy.
- Obr. 15: Původní prostorové rozmístění strojů včetně spaghetti diagramu pěti pracovníků.
- Obr. 16: Na layoutu je vyznačeno červeně, které stroje se budou prostorově uspořádat.
- Obr. 17: Nové uspořádání strojů včetně předpokládaných cest tří pracovníků.
- Obr. 18: Původní rozestavení se spaghetti diagramem tří pracovníků.
- Obr. 19: Nové prostorové uspořádání strojů včetně navrhovaných pohybů dvou pracovníků spaghetti diagramem.
- Obr. 20: Simulace výrobní linky Flex – Měkká část.
- Obr. 21: Simulace výrobní linky Flex – Tvrdá část.
- Obr. 22: Výkovek – zadní strana
- Obr. 23: Výkovek – přední strana

Obr. 24: Výkovky před vstupem do výrobní linky

Obr. 25: DataMatrix kód na tělese

Obr. 26: Manuální kontrola

Obr. 27: Prázdné koše na vozíku

Obr. 28: Blister

Obr. 29: Vsázky před kalírnou

Obr. 30: Kanban karta

Obr. 31: Štítek ze zkušebny těles

Obr. 32: Vozíky s tělesy po AFM

Obr. 33: Zastávka mlíkrunu s časovým rozpisem

Obr. 34: Operace OP160

Obr. 35: Hotové těleso – zadní strana

Obr. 36: Hotové těleso – přední strana

Obr. 37: FIFO dráha

Obr. 38: Supermarket po výstupní kontrole

Seznam pojmů

5S	– metoda postupného zlepšování pořádku, čistoty a systematiky uspořádání pracovišť
Blister	– proklad z materiálu ABS pro skladování těles, pojme 4 až 6 těles podle typu
DataMatrix	– maticový 2D kód tvořený tmavými a světlými buňkami čtvercového nebo obdélníkového tvaru
Dummy	– zkušební válec používaný v kalírně
Exot	– typ výrobku vyráběný v malém množství a nepravidelně, do 20% produkce
Flex linka	– interní označení výrobní linky těles CP3 ve firmě BOSCH s.r.o.
Kanban karta	– nástroj pro přenos informací (mechanický i elektronický) mezi dodavatelem a zákazníkem
Layout	– situační plán výrobní linky
Logistický řetězec	– účelné uspořádání množiny technických prostředků pro uskutečňování logistických cílů
Materiálový tok	– cílevědomě řízený pohyb materiálu ve výrobním procesu
Milkrun	– vysokofrekvenční dodávání a odvážení malých dávek komponentů a hotových produktů s pevnými cestami, zastávkami a přesně daným časem
Nivelizace	– rozdělení měsíční výroby do denních množství (rovnoměrného) z pohledu množství variant, prováděna vždy u rozhodného procesu
Přeseřizování	– aktivity, které jsou prováděny při změně produkce mezi dvěma typy produktů

Pull princip	– do místa zpracování je dodáván materiál na základě požadavků následujícího výrobního stupně, tj. na základě spotřeby
Push princip	– do místa zpracování je dodáván materiál na základě předpovědí, chybí zde propojení informací o tom, co bylo spotřebováno a co bylo vyrobeno
Quick change over	– rychlé přeseřizování výrobních strojů (změna výroby)
Renner	– hlavní výrobní typy vyráběné pravidelně, většinou tvoří kolem 80% produkce
Rozhodný proces	– proces, který je řízený výrobním plánem na bázi zákaznických potřeb nebo nivelizací
Spaghetti diagram	– zachycuje pohyb pracovníka(ů) v určitém časovém období
Supermarket	– prostor pro uložení dílů mezi dodavatelem a odběratelem
Těleso	– opracovaný výkovek (nejdůležitější část čerpadla), na který se následně montují ostatní komponenty čerpadla
Výkovek	– polotovary z oceli pro obrábění

Seznam zkratek

AFM	– Abrasive flow machine – odhranění vnitřních částí tělesa
BPS	– Bosch Production System – výrobní systém firmy BOSCH s.r.o.
FIFO	– First in, First out – frontový režim
CIP	– Continuos Improvement Process – neustálé zlepšování
GmbH	– Gesellschaft mit beschränkter Haftung – společnost s ručením omezeným
HB	– Hartbearbeitung – tvrdé obrábění
OP	– Operation – operace
QCO	– Quick Change Over – rychlé přeseřízení
s.r.o.	– společnost s ručením omezeným
TEM-P	– Thermisches Entgraten – termické odjehlení
VSD	– Value stream design – plán toku hodnot
VSM	– Value stream mapping – analýza toku hodnot
VSP	– Value stream planning – plánování toku hodnot
WB	– Weichbearbeitung – měkké obrábění
WBH	– Wärmebehandlung – kalírna
ZP	– der Zahnradpumpe – zubové čerpadlo

1 Úvod

Svojí bakalářskou práci píši na téma optimalizace interních logistických toků ve výrobě těles CP3. V dnešní době, kdy se snaží výrobci ušetřit co nejvíce nákladů, je tato optimalizace velmi vítanou možností, jak snížit náklady a zvýšit kapacitu výroby.

Optimalizaci interních logistických toků ve výrobě budu vypracovávat ve firmě BOSCH Diesel s.r.o. sídlící v Jihlavě, která vyrábí komponenty automobilové techniky pro divizi Dieselových systémů. Optimalizace budu navrhovat na jedné z jejích výrobních linek, která vyrábí tělesa pro vysokotlaká dieselová čerpadla a nese označení Flex.

Optimalizace výrobní linky budu dělat na základě svého pozorování a tzv. spaghetti diagramů. Navrhnou změny v rozmístění pracovníků a uspořádání některých pracovišť. Dále navrhnou začlenění dalších logistických prvků do výroby pro zlepšení přehlednosti a efektivnosti linky. Má práce je rozdělena do dvou částí, první obsahuje teoretickou část a druhá praktickou část. V praktické části uvádím své návrhy na vylepšení provozu výrobní linky Flex.

V teoretické části své práce se budu zabývat nejpoužívanějšími logistickými systémy v průmyslové výrobě, základními optimalizačními kritérii a principy v jednotlivých částech výrobních řetězců. Mým dalším úkolem bude zdokumentování současného stavu výroby těles CP3 ve firmě BOSCH Diesel s.r.o., který je popsán z hlediska interních logistických toků v celém výrobním řetězci.

V praktické části práce se budu zabývat optimalizací interních logistických toků ve výrobě těles CP3, která vyrábí tělesa pro vysokotlaká dieselová čerpadla Common Rail. Během této výroby je využíván Bosch Production System, což je systém založený na principech štíhlé výroby (Lean Production System), upravený pro potřeby firmy Robert BOSCH. Hlavním účelem BPS je zabránit plýtvání a tím zefektivnit výrobu. Na konkrétních datech z výroby navrhnou změny v interních logistických tocích, které povedou k optimalizaci výrobního řetězce a jeho částí.

2 O firmě BOSCH s.r.o.

Na českém území je společnost Robert Bosch aktivní od konce 19. století, kdy obchodovala také s firmou Laurin & Klement. První oficiální pobočka Bosch byla založena roku 1920 v Praze a po nucené 44leté přestávce se po roce 1989 vrátila a od prosince roku 1991 je opět činná. V Česku sídlí několik na sobě nezávislých dceřiných firem Robert Bosch GmbH Stuttgart.

Obchodní aktivity Bosch zajišťují společnosti v Praze – firmy Robert Bosch odbytová s.r.o., Bosch Termotechnika s.r.o. a částečně firma Bosch Rexroth s.r.o. v Brně. V Praze ještě sídlí dceřiná firma Bosch-Siemens Hausgeräte GmbH, společnost s 50% majetkovou účastí Robert Bosch GmbH, která obchoduje s domácími spotřebiči – BSH domácí spotřebiče s.r.o.

Výrobní závody Robert Bosch jsou situovány v Jihlavě, kde sídlí BOSCH Diesel s.r.o., v Českých Budějovicích je to Robert Bosch, spol. s r.o., v Brně působí Bosch Rexroth s.r.o, v Krnově a Albrechticích Bosch Termotechnika s.r.o.

Za dobu své působnosti na českém trhu si firma Bosch vybudovala pozici významného výrobce a investora. Její produkty jsou od domácích spotřebičů, přes elektrické nářadí a automobilové techniky až po tepelnou a průmyslovou techniku se úspěšně usadily nejen v domácnostech, ale i automobilech, servisech a průmyslových podnicích. [2]

2.1 Společnost BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě

Společnost BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě byla založena 4. ledna 1993 jako společný podnik firmy Robert Bosch GmbH ze Stuttgartu a jihlavského strojírenského závodu Motorpal a.s. V letech 1996 firma Robert Bosch GmbH odkoupila podíl od firmy Motorpal a.s. a stala se tak jediným vlastníkem společnosti BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě. Výrobní program se zabývá produkcí automobilové techniky pro divizi Diesellových systémů. Odběrateli jsou skoro všichni významní evropští, asijské a jihoamerické výrobci automobilů. [3]

Hlavním výrobním programem společnosti jsou diesellová vstřikovací čerpadla typu Common Rail - CP3, CP1H a CP4, tlakové zásobníky (raily) a regulační ventily tlaku.

Během svého působení v Jihlavě prošla firma BOSCH Diesel s.r.o. velkým rozmachem. Dnes jsou v Jihlavě celkem tři závody. Počet zaměstnanců vzrostl

z původních 160, se kterými firma začínala, na současných cca 4 500. Firma je největším zaměstnavatelem na Vysočině. [3]

Ke hlavním prioritám firmy patří kromě jiného také bezpečnost práce, ochrana zdraví zaměstnanců a ochrana životního prostředí. Ve firmě byl úspěšně zaveden a také certifikován implementovaný systém ochrany životního prostředí a bezpečnosti práce dle ISO 14001:2004/OHSAS 18001:1999. V oblasti bezpečnosti práce vlastní firma od roku 2005 také osvědčení „Bezpečný podnik“.

2.2 Výrobní linky těles CP3 ve firmě BOSCH Diesel s.r.o.

Výrobní linky CP3 vyrábí tělesa pro vysokotlaká dieselová čerpadla Common Rail. V současnosti mají linky CP3 okolo 1300 zaměstnanců, kteří pracují ve třísměnném provozu. CP3 se skládá ze tří linek, které jsou Flex, CNC a TFS.

Linka Flex obsahuje přes 28 operací od obrábění výkovků až po výstupní kontrolu hotových těles. Je rozdělena na dvě části, na měkké a tvrdé obrábění. Měkká část se skládá z obrábění, kontroly a kalírny. Tvrdá část obsahuje obrábění, broušení, honování a výstupní kontrolu.

3 Základní logistické principy

V této kapitole popíši základní logistické principy, které jsou pro moji práci nejdůležitější. Jsou to následující principy: logistický řetězec, kanban, supermarket, Push, Pull a tok, který se dělí na informační a materiálový.

3.1 Logistický řetězec

Logistický řetězec je účelné uspořádání množiny technických prostředků pro uskutečňování logistických cílů. Jedná se o přemísťování věcí (osob) a informací (nosiče informací, signálů atd.). Cílem může být také přemísťování energií a financí.

Logistický řetězec je nejdůležitější pojem logistiky. Jedná se o dynamické propojení trhu a spotřeby s trhy surovin, materiálů a dílů v hmotném a nehmotném stavu, které vycházejí od poptávky konečného zákazníka, nebo se vážou na konkrétní zakázku. Za články logistického řetězce považujeme závody, dílny, linky, sklady, komunikace, železnice, přístavy, letiště, prodejny velkoobchodů, maloobchodů apod.

V řetězci se vyskytují aktivní a pasivní prvky. Aktivní prvky jsou technické prostředky pro manipulaci, přepravu, skladování, balení, fixaci a technické prostředky sloužící operacím s informacemi včetně lidské složky. Pasivní prvky jsou suroviny, materiál, nedokončené výrobky, zboží, obaly, odpad, informace apod. [11]

3.2 Kanban

Slovo Kanban znamená v přímém překladu z japonštiny kartičku, štítek, popřípadě v širším významu informaci. Kanbanem proto může být přepravní bedna, identifikační místo na podlaze, v boxu, regále atd. V Evropě je však pod označením Kanban známý spíše japonský systém dílenského řízení výroby, který karty využívá. Výchozím principem kanbanu je princip supermarketu. [4][15]

Důležitou funkcí kanbanových karet je, že slouží jako objednávací karta. Znamená to, že dává podnět na zhotovení součástek předchozímu stupni výroby a zároveň slouží pro nově vyrobené součástky jako identifikační karta. [5]

3.3 Supermarket

Supermarket představuje sklad hotových výrobků nebo zásob, ve kterém je přesně definováno množství. Používá se převážně u principu tahu (princip Pull)

v materiálovém toku. Materiál smí být ze supermarketu odebrán pouze na základě kanbanové karty, nebo jiné formy informace podporující princip tahu. [11]

3.4 Princip Push

Při principu Push je do místa zpracování dodáván materiál na základě předpovědi, znalosti zákazníka a to bez ohledu na jeho skutečnou aktuální potřebu. Mohou zde vznikat dva extrémní případy – první nastane, pokud je aktuální spotřeba surovin nižší, než byla předpokládána, potom dochází k nárůstu materiálu skladovaného před místem jeho spotřeby. Druhým případem je situace, kdy je aktuální potřeba vyšší než předpokládaná, a tím pádem dochází k nedostatku materiálu a ke zdržení celého procesu výroby. [6]

Logika principu Push vede k tomu, že zakázka putuje výrobou podél toku materiálu. Důsledkem toho jsou dlouhé doby cyklu a neflexibilní systém. V systému Push neexistuje propojení informací o tom, co bylo spotřebováno, nebo vyexpedováno a co bylo vyrobeno a zavezeno do skladu. [1]

3.5 Princip Pull

Princip Pull je založen na tom, že výrobní zakázky procházejí výrobou, ve které je každý pracovník na určitém výrobním stupni odpovědný za zajištění požadavků, které mají navazující výrobní stupně. Následující výrobní stupeň se tak pro předcházející výrobní stupně stává interním zákazníkem, jehož požadavky musí být za všech okolností splněny.

Hlavní předností Pull systému plánování a řízení výroby je výrazné snížení výrobních nákladů v důsledku snížení mezioperačních zásob a zkrácení průběžných dob výroby. [7]

3.6 Tok

Pod pojmem tok můžeme v logistice rozlišovat dva druhy toku, a to tok informační a materiálový. Informační tok je určitý pohyb informací v logistickém řetězci. Materiálový tok je zpravidla řízený tok materiálu s pomocí manipulačních prostředků a zařízení. Podrobněji tyto toky rozepíši v následujících odstavcích.

3.6.1 Informační tok

Informační tok je organizovaný pohyb konkrétních druhů informací v prostoru a čase, obsahuje nabytí, zpracování a přenášení údajů. Informace uvedou materiálový tok do pohybu. Druhy informačního toku jsou:

- objednávka zákazníka, u které se stanoví termín zahájení výroby jejím potvrzením,
- výrobní plán,
- plán potřeby materiálu, který se určuje na základě výrobního plánu,
- objednávky u dodavatelů. [8][9]

3.6.2 Materiálový tok

Materiálový tok je cílevědomě řízený pohyb materiálu prováděný zpravidla pomocí manipulačních, dopravních, přepravních a pomocných prostředků a zařízení tak, aby materiál byl k dispozici v požadovanou dobu na daném místě v potřebném množství, v očekávané kvalitě a s předem určenou spolehlivostí. Pro materiálový tok, stejně jako pro celý logistický řetězec, platí řada ekonomických závislostí. Například jednicové náklady na materiálový tok jsou ovlivněny:

- povahou materiálu,
- množstvím materiálu,
- trasou,
- úrovní řízení toku, (s rostoucí kvalitou řízení náklady klesají). [10]

4 Bosch Production System

Bosch Production System je založen na principech „štíhlé výroby“. [12] Princip štihlé výroby je převzat z mezinárodně uznávaného Lean Production System. [13]

BPS je velmi komplexní systém. Jeho prostřednictvím se optimalizují nejen dílčí procesy nebo oblasti, ale všechny procesy, organizační jednotky a zejména jejich vzájemná součinnost. BPS tedy není pouze Kanban nebo rychlé přeseřizování, ale systematické používání celé řady nástrojů, které cíleně přispívají ke zlepšení jakosti, nákladů a dodávek. [14]

4.1 Princip Pull v BPS

Na vyšších úrovních plánování, které jsou roční a měsíční, jsou pravidla plánování u principu Pull nebo Push v podstatě stejná. Prognózy zákaznických odvolávek se musejí kontrolovat tak jako tak, rozdíly nastávají, až když se stanovují prodejem a zákazníkem. Rozdíly existují jen v rovině řízení výroby a dílny.

U principu Pull existuje bod pro plánování hotových výrobků. Pak s následující fází procesu spustí příslušné Pull a je aktivní tak dlouho, dokud není odeslán signál Pull dodavateli. Dílna se soustředí na výrobu dílů, nikoli na plánování nebo změny v plánování.

Princip Pull se vyznačuje tím, že informace ze systému plánování výroby dostává pouze jeden stupeň výroby (rozhodný proces). Všechny ostatní stupně výroby jsou buď synchronně, tzn. v sekvenci závislé na rozhodném procesu, napojeny nebo přes řízení spotřeby na bázi supermarketů rozpojeny.

Princip Pull vede k tomu, že pracuje na zákaznické zakázce v opačném směru toku materiálu. Doba cyklu se tím zkracuje a systém se stává pružnější. Procesy jsou navzájem provázány, tzn. novou zakázku lze vyrábět pouze tehdy, pokud se něco spotřebovalo, nebo bylo vyexpedováno.

Zapojení zakázek do procesu se děje bez stanovení konečného termínu a bez přidělení čísla zakázky. Jedná se tak o propojení vstupních a výstupních informací, tedy o pevnou synchronizaci vstupů a výstupů. Existují definované zásoby nebo, v jiných případech, toleranční hranice. Velkou výhodou principu Pull je, že máme konstantní zásoby a konstantní průběžný čas.

Když shrneme výhody, mohli bychom říci, že na zakázce se začne pracovat v případě potřeby zákazníka. Máme kratší řídicí cykly, kde můžeme vidět hlubší

pochopení procesu, a jeho transparentnost. Je jenom jeden bod v řízení v rozhodném procesu. Umožňuje řízení přes definovaný stav zásob, který zajistí dostupnost dílů a dodatečnou výrobu pouze v případě spotřeby. Lze tedy aplikovat proces standardizace, kdy můžeme vytvořit standardizovaný pracovní postup a tím zrychlit výrobu.

4.1.1 Řízení spotřeby Kanbanem

Pokud není přímé sekvenční propojení procesů přes linii FIFO možné, budou rozpojeny přes supermarket. V jednom supermarketu jsou pro rozhodný proces (konečná montáž) připraveny různé varianty. Pokud potřebuje montáž určité množství výrobků z předchozího stupně, odebere si jej ze supermarketu. Tato spotřeba vyvolá v předcházející fázi procesu (předmontáž) přímo, nebo po dosažení definované velikosti dávky, dodatečnou výrobu. Informace o spotřebě materiálu je ve formě kanbanových karet.

To znamená, že rozhodný proces a předcházející proces mohou vyrábět zcela nezávisle na sobě (pořadí, velikost dávky atd.). Výše stavu zásob v supermarketu závisí na tom, jaké množství rozhodný proces spotřebuje za období, které předcházející proces potřebuje pro dodatečnou výrobu. [1]

4.1.2 Procesní kroky v Kanbanovém cyklu

Procesní kroky v Kanbanovém cyklu bychom mohli popsat následovně. Zákazník potřebuje díl nebo výrobek a odebere si ho ze supermarketu dodavatele, tzn., že nemusí čekat na jeho vyrobení, protože tento produkt byl již vyroben a je připraven v supermarketu.

Při odběru zboží zákazníkem ze supermarketu se uvolní příslušná Kanban karta a odloží se do schránky nebo sběrného boxu. Kanban karta, která se právě uvolnila, dává dodavateli podnět k tomu, aby následně vyrobil tentýž produkt v takovém množství, v jakém ho zákazník odebral. To znamená, že odebrání výrobku zákazníkem slouží jako pokyn pro následnou výrobu tohoto výrobku u dodavatele.

Uvolněné Kanbany se přemístí do sběrného boxu výrobních dávek, kde se jich musí nasbírat tolik, dokud se nevytvoří výrobní dávka. Při dosažení výrobní dávky jednoho typu se plný sběrný box výrobních dávek umístí na výrobní pás, na němž se

tento typ vyrábí, a odtud jsou odebírány podle principu FIFO a jdou jako zakázka do výroby.

Podle typu, který má být vyroben, se přichystá odpovídající množství materiálu. Montážní zařízení budou připraveny na typ, který se bude vyrábět. Vyrobí se požadovaný typ v požadované dávce. Hotové výrobky, případně díly se přesunou a uskladní do příslušného supermarketu.

4.2 5S

5S je termín používaný v managementu a v principech štihlého řízení. Je používán jako označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štihlé, přehledné a čisté výroby. Původ hesel je japonský.

Seiri – selekce, vyřídění nepotřebných nebo nadpočetných nástrojů, měřících a zkušebních přístrojů, přípravků, zmetkových dílů, skříní, pracovních stolů apod. Cílem je mít přehledné pracoviště, méně hledání a více místa. Pracovní plocha má sloužit pro práci.

Seiton – uspořádání a přehlednost pracovního místa. Je to přehledné uložení nářadí, nástrojů, prostředků atd. Umístění pracovních návodů a informací přímo na pracovní místo nebo stroj, označení míst a umístění popisků.

Seiso – stále čistit neboli úklid pracovního místa. Čištěním můžeme ověřit a zjistit stav pracoviště nebo zařízení. Může také pomáhat při rozpoznávání ztrát.

Seiketsu – standardizace pracoviště. Přehledně uložení nářadí, nástrojů, prostředků. Umístění pracovních návodů a informace přímo na pracovním místě nebo stroji, označení místa, umístění popisů, dodržování pravidel práce s kanbanem atd.

Shituke – sebedisciplína. Všechny body 5 S dodržovat a stále zlepšovat. Sestavení plánu opatření, kde je uveden problém, zodpovědný a termín, pravidelné se scházení, provádění samokontroly, pracovník sám zodpovídá za vzorné pracovní místo, stále vylepšování standardů. [1]

4.3 Nivelizace

Princip výrobní nivelizace spočívá ve vztahu výrobní množství děleno časovou jednotkou. Časová jednotka může být například den nebo směna. Časová jednotka bude na základě výrobního množství pomocí pevně stanoveného časového okna fixována.

Bude určen opakující se výrobní program, který obsahuje pořadí a čas začátku výroby daného typu ve výrobním programu. Nivelizovaná výroba umožňuje vytvářet standardizované postupy a neustále je zlepšovat. Užitek nivelizace je transparentnost pro proces neustálého zlepšování. Výhodami nivelizace výroby jsou:

- rovnoměrné finanční prostředky na pracovníky, výrobu a transport,
- menší, jen nepatrné kolísání zásob,
- zkrácená, stabilní průběžná doba výroby,
- nepatrné kapitálové vazby a náklady na zásoby,
- vytvoření rámcových podmínek pro standardizovanou práci,
- cyklické materiálové zásobování mlékou,
- standardizované přeseřizování.

Cílem nivelizace je minimalizovat negativní důsledky kolísavých zákaznických odvolávek v hodnotovém toku. Urovnání potřeb v hodnotovém toku nám vytváří rytmus výroby. Nivelizace nám taky pomáhá s definicí budoucího stavu rozpoznání odchylek a problémů s identifikací.

4.4 Quick Change Over

Rychlé přeseřizování (QCO) podporuje obzvláště následující BPS principy jako je například orientace na proces, princip tahu nebo flexibilitu. Úkolem QCO je to, že pokud chceme naše procesy uspořádat do jednoho přehledného toku, produkovat pouze to, co chce zákazník, flexibilně reagovat na potřeby zákazníka, tak musíme vyrábět v malých dávkách a snížit průběžnou dobu výroby. To znamená častěji přeseřizovat, což vyžaduje snížení časů přeseřizování u jednotlivých průběhů přeseřizovacích činností.

Z toho plynoucí výhody pro pracovníky znamenají jednodušší pracovní a transparentnější průběhy přeseřizování, způsobují méně problémů, rovnoměrné pracovní zatížení všech zúčastněných pracovníků. Rychlejší doby přeseřizování šetří čas pro jiné činnosti. Lepší organizace znamená snížení tělesné zátěže na pracovníky během přeseřizování.

Samotné přeseřizování se skládá ze tří aktivit (příprava, výměna a doseřizování), které se provádí při změně produkce mezi dvěma typy výrobků. Ztrátový čas je přeseřizováním od posledního dílu staré dávky do prvního dobrého dílu dávky nové.

Potřebná doba je rozdělena na interní a externí časy přeseřízení. Externí přeseřízení jsou činnosti, které mohou být prováděny za chodu stroje. Interní přeseřízení jsou činnosti, které mohou být provedeny, pouze pokud je stroj zastaven. [1]

4.5 Milkrun

Milkrun je doprava materiálu s pevně stanovenými cestami, zastávkami a termíny dodávek. Důvod milkrunu je, že navážení materiálu, který se vztahuje se k zakázce, vede u velkých dávek k nepředvídaným špičkovým zatížením v překládce materiálu. Zatímco spotřebně řízené, cyklické navážení materiálu vede u velkých dávek k plynulé překládce materiálu. Rozlišujeme dva hlavní druhy milkrunu. Externí a interní milkrun, který dále dělíme na makro a mikro milkrun.

Externí milkrun přesahuje rámec závodu. Doprava materiálu z místa A do závodu. Délka jednoho cyklu je přibližně kolem jednoho dne. Nejčastějším dopravním prostředkem bývá nákladní automobil.

Interní milkrun je v rámci závodu. Tento typ se nazývá také závodní milkrun. Většinou se jedná o přepravu materiálu do a ze závodu nebo expedičního skladu. Délka jednoho cyklu je okolo dvou hodin.

Makro-milkrun bývá vždycky uvnitř jednoho závodu, kde se dopravuje materiál k a z jiných výrobních oddělení v závodě. Řešení makro-milkrunu je pomocí vlakového systému s cyklem jízdy okolo jedné hodiny.

Mikro-milkrun je uvnitř jednoho výrobního oddělení. Doprava materiálu k a z pracovních míst v oddělení. Dopravní prostředek bývá většinou jednoduchý ruční vozík apod. Mikro-milkrun má krátké cykly jízdy s délkou okolo půl hodiny. [1]

5 Plánování hodnotového toku VSP

Plánování hodnotového toku se používá pro navrhování vizí a cílů pro časový horizont jednoho roku. VSP se zaměřuje na efektivní opatření, která přinesou celkové a stálé zlepšení kvality, doby výroby a nákladů.

Plánování hodnotového toku je tvořeno čtyřmi elementy:

- analýza toku hodnot – VSM,
- plán toku hodnot – VSD,
- plán opatření vedoucí od současného k požadovanému hodnotovému toku,
- nákres výrobní linky – layout.

Metodu VSM používáme pro jednoduché zmapování současného stavu toku materiálu a informací a VSD slouží pro nákres požadovaného stavu s cílem vytvořit vizi štíhlého výrobního systému. V analýze hodnotového toku VSM se vyskytuje pojem CIP blesk. Upozorňuje na úzké místo ve výrobě (ale i v logistice, organizaci, informačním toku, technologii apod.) a dává potom podnět ke zlepšení, na který je nutno se zaměřit při sestavování plánu opatření. Plán opatření nám pomáhá realizovat změny od současného stavu do stavu požadovaného.

Pomocí těchto CIP blesků navrhnu opatření, která povedou k optimalizaci výrobní linky. V následujících kapitolách sestavím analýzu hodnotového toku VSM, design hodnot toku VSD a nakonec navrhnu pro jednotlivé části linky jejich nákres – layout.

6 Výrobní linka Flex WB+WBH

První částí výrobní linky je Flex WB+WBH. Tato část se také nazývá měkká, protože se zde výkovky ještě před zakalením obrábějí. Surové výkovky vstupují do výrobní linky, která začíná operací OP10-60 a pokračuje přes pračku, vizuální kontrolu, termické odjehlení, odhranění pastou, a další pračkou do kalírny. Po vykalení a ochlazení putují do supermarketu. Ze supermarketu si je odebírá druhá část výrobní linky.

6.1 Současný stav výrobní linky Flex WB+WBH

V této kapitole je popsána celá cesta výkovků od začátku měkké linky až po supermarket před tvrdým obráběním. Účelem toho popisu je zdokumentovat současný stav linky. Na základě tohoto popisu navrhnu v další kapitole určitá opatření ke zlepšení efektivnosti výroby. Původní layouty výrobní linky jsou na obrázcích č. 1. a 2. v příloze.

Cesta výkovků po příjezdu do závodu začíná vstupní kontrolou, při které se sledují předepsané parametry výkovků. Potom jsou převezeny do meziskladu, odkud je odveze milkrun na začátek výrobní linky. Převrtník s výkovky přiváží milkrun každé dvě hodiny z meziskladu.

První částí výrobní linky jsou operace OP10 až operace OP60. Tyto operace jsou součástí tzv. měkkého obrábění. Zde se obrábí přímo surový výkovek. Obsluha stroje je zakládá na vstupní pás. Každá operace probíhá na více paralelních strojích (pro jednotlivé operace různé), které pracují zároveň. Výkovky strojům dodává portálový zakladač, který je odebírá ze vstupního pásu. Když je operace ve stroji dokončena, tak portálový zakladač částečně obrobený výkovek odebere a vrátí na pás. Ten pokračuje k další operaci.

Obsluha u všech strojů má v podstatě podobnou pracovní náplň. Ta se většinou skládá z kontroly, zda stroje neukazují chybový stav (znázorněný signálními světly na každém stroji). Po každých 32 výrobních taktech u operace OP10 jsou čtyři tělesa přivedena na měrové stanoviště, kde se kontroluje, jestli jsou obrobky v normě pro danou operaci. Po měření se tělesa vracejí zpět do obráběcího cyklu. U dalších operací se měření provádí po 16 pracovních taktech. Při tomto měření se vypracovává tzv. výkaz měření (kontrolní list), do kterého se zapíše kdo, kdy a co měřil. Mezi další povinnosti obsluhy patří výměna obráběcích nástrojů ve strojích. U stroje OP10 má

obsluha navíc povinnost pravidelně zásobovat výrobní pás novými výkovky, které vstupují do výrobního procesu. Tok materiálů mezi stroji je vždycky typu FIFO. Jedna směna, která trvá osm hodin, vyrobí v průměru 850-1100 těles. U prvního stroje se po operaci na výkovek přišroubuje paletka, která s výkovkem putuje až ke stroji OP 50/2, kde se paletka odmontuje a pošle zpátky na začátek. Paletka se přišroubovává k tělesům, protože ji potřebují stroje pro uchycení u obrábění. Na operaci OP10 jsou pracovní kroky frézování, vrtání a vyřezávání závitů. Na ostatních operacích probíhají pracovní kroky podobné jako u první operace.

Po operacích OP10 až OP60 následuje proces čištění tělesa. Po ukončení OP60 vyjedou tělesa na pás a musí se přeskládat do drátěných košů. Do košů se ukládají tělesa po 6 kusech, potom se skládají na vozíky po 60 kusech. Zde se také začíná vypisovat průvodní list, který putuje s vozíkem až na konec výrobní linky. V průvodní listu jsou zaznamenány informace o tom, jaké operace už byly provedeny, typ výrobku, datum, čas a kdo provedl danou operaci. Typ výrobku udává, o který výrobek se jedná.

Následuje přesun k pračce, kde se těleso omývá od řezného oleje, který se používal u předchozích operací, a zbytků po obrábění. Po umytí následuje manuální kontrola každého tělesa. Vizuálně se kontroluje, jestli někde nezbyla zaseknutá špona z předchozího obrábění. Po kontrole se tělesa umísťují do TEM-P, což je odstranění špon a otřepů pomocí tepelného výbuchu. Tělesa jsou pak převezena na chlazení. Následuje tzv. AFM, což je odhranění vnitřních částí tělesa. Zde se k tomu používá speciální pasta, která se protlačuje částmi tělesa a hrany obroušuje. Po AFM jsou obroušená tělesa odvezena opět k pračce, která odstraní nečistoty po čištění. Vypraná tělesa se přeskládají do blisterů.

Po kontrole jsou tělesa přemístěna na vozících s průvodním listem do kalírny. Ještě před samotným kalením musí obsluha vzít každé těleso a načíst jeho DataMatrix kód za účelem evidence přijatých těles (pokud nelze načíst kód, těleso je vráceno na opravu). Tělesa jsou potom vkládána do roštů a sestavují se do šarží. Mezi tělesa se vkládá zkušební vzorek. Následuje příprava vsázek. Zde se vytváří zkušební protokol. Ten musí obsahovat následující údaje:

- datum,
- číslo roštu,
- číslo kalicího programu,
- typ programu,

- dummy (zkušební válec),
- dobré kusy (dle série),
- podpis.

Takto připravené rošty si vyzvedne obsluha, která je vkládá na pás vedoucí do kalící pece. Celý proces kalení trvá přibližně 7 hodin.

Proces v kalící peci má několik fází. První fáze je cementační komora, kde se provádí tzv. nauhličování při 900°C, které trvá přibližně 4 hodiny, druhá fáze je perlitizace, což je ochlazení těles na teplotu okolo 600°C, které trvá hodinu a půl, třetí fáze je austenizace (příprava na kalení), při teplotě okolo 900°C, která trvá přibližně stejně jako fáze druhá, potom následuje poslední fáze a tou je N/V komora.

Z N/V komory jsou tělesa umístěna do mrazících boxů, kde se ochladí tekutým dusíkem na -80°C. Po ochlazení jsou převezena do popouštěcí komory o teplotě 200°C. Po ní se přemístí do další komory, kde tělesa chladnou. Po zchladnutí se kalené kusy a zkušební vzorek kontrolují v laboratoři a výsledky se dokumentují. Na základě výsledků kontroly se šarže uvolní nebo zablokuje. Po uvolnění šarže jsou tělesa přeskládány zpátky do blisterů. Doplní se průvodní protokol, přidá se kanban karta a vozík může pokračovat do supermarketu. Tímto krokem končí měkká linka s kalírnou. Ze supermarketu si vozíky pak odebírá druhá část výrobní linky (tvrdé obrábění Flex HB).

6.2 VSM linky Flex WB + WBH

Na výkresu VSM pro linku Flex WB+WBH, který je v příloze č. 4., vidíme současný stav linky a CIP blesky, které nám ukazují projekty na její optimalizaci. Projekty jsou:

- definování nového supermarketu pro výkovky,
- zvýšení kapacity přes odsávací zařízení,
- implementace 5S označení po pračce,
- změna uspořádání a toku materiálu kontroly těles,
- definování nové FIFO dráhy mezi AFM a pračkou,
- optimalizace mezioperačních zásob.

6.2.1 Návrhy optimalizací Flex WB+WBH

V současné době není žádný supermarket na začátku výrobní linky pro výkovky. Výkovky jsou tedy dodávány na začátek výrobní linky bez jakékoliv skutečné potřeby z výroby. Jsou dodávány pravidelně pomocí milkrunu každé dvě hodiny. Definováním nového supermarketu dosáhneme lepší optimalizace zásob výkovků na skladě, čili jejich snížení a ušetření nákladů a místa na jejich skladování. Bez supermarketu se stává, že se spotřebovaly výkovky, které jsou potřeba na aktuální zakázku. Když aktuálně potřebné výkovky došly, bylo nutné vyrábět z jakýchkoliv výkovků, které byly zrovna na skladě, jinak by se zastavila celá výrobní linka, a zároveň čekat na dodávku požadovaných výkovků. Vyrobená tělesa, která nebyla aktuálně potřebná, se pak musela zbytečně skladovat. Původní stav je na obrázku č. 4. v příloze.

Za operací OP60 je jedno odsávací zařízení. Toto zařízení odsává zbytkový řezný olej z těles, která vystupují z operací a následují do pračky. Jelikož je odsávací zařízení jedno, může v důsledku jeho poruchy dojít k zastavení všech operací, kterému předchází operace OP10 – OP60. Současně je jeho kapacita na maximální úrovni a při zvýšení OEE by už nemusela dostačovat. Zařízení také v současné době neodsává maximum zbytkového oleje z těles. Olej se potom s tělesy dostává do pračky a znehodnocuje větší množství média v pračce, než kdyby byl odsáván na maximum. Zároveň se snižuje množství recyklovaného oleje. Můj návrh je odsávací zařízení nahradit novým výkonnějším nebo přidat k němu další zařízení, tak aby pracovala paralelně a stávající vyměnit za nové. Původní stav odsávacího zařízení je na obrázku č. 8. v příloze.

Následuje další část linky, kterou můžeme nazvat jako čištění výkovků. Tato část obsahuje pračku, ruční vizuální kontrolu, termické odjehlení, odhranění pastou a pračku. U prvního pracoviště navrhuji chybějící značení 5S pro vozíky s tělesy, které vyjíždí z pračky. V současné době jsou vozíky naskládány za pračkou bez jakéhokoli systému. Vzniká tu nebezpečí, že se vozíky zamění a může nastat situace, že se tělesa dostanou na operaci, na kterou nejsou momentálně určena.

Samotné pracoviště kontroly těles je nevhodně navrženo z hlediska materiálového toku. Při vytváření spaghetti diagramu a jeho následném vyhodnocení jsem došel k závěru, že obsluha musí ze svého pracoviště zbytečně chodit delší trasy k dalším pracovištím a tím se prodlužuje čas potřebný pro přesun materiálu.

Mezi procesy AFM a pračkou není v současné době definována FIFO dráha, která určuje pořadí vozíků s tělesy. Je tu možnost záměny pořadí vozíků.

Mezioperační zásoby jsou v současné době nastaveny bez jakéhokoliv systému. Pomocí programu Witness 2007 nasimulují výrobní linku a její mezioperační zásoby. Snížením mezioperačních zásob snížíme náklady na jejich skladování, ušetříme prostory, které bychom potřebovali na skladování, a uvolníme kapitál v nich obsažený.

6.3 VSD a realizace návrhů optimalizace výrobní linky Flex WB + WBH

Z VSM linky v předchozí kapitole navrhuji určité úpravy linky tak, aby se zvýšila její efektivnost. Využiji simulačního programu Witness 2007, ve kterém budu simulovat výrobní linku a určím optimální velikost mezioperačních zásob.

Pro definování nového supermarketu potřebujeme znát počet typů výkovků a kapacitu výrobní linky za tři směny. V současnosti se používají na výrobu tři typy výkovků a výrobní kapacita linky je teď na teoretické úrovni 2700 ks za tři směny. Abychom mohli zásobovat výrobní linku ze supermarketu, musíme předpokládat nejhorší variantu výroby, při které se bude vyrábět jenom z jednoho druhu výkovku celé tři směny. Potom tedy bude nutné, aby bylo uskladněno v supermarketu 2700 kusů pro každý typ výkovku, čili 8100 kusů pro všechny tři typy. Tato hodnota je zároveň minimální množství, které musí být uskladněno v supermarketu. Maximální množství v supermarketu bude 16200 kusů, protože předpokládáme, že dodávky budeme dostávat jednou denně, proto potřebujeme v supermarketu rezervu ještě na jeden den, než dorazí požadovaná dodávka. Takto nově definovaný supermarket nám pomůže optimalizovat stav zásob výkovků a eliminuje stav, kdy byl na skladě nedostatek potřebných výkovků.

Zvýšením kapacity na odsávacím zařízení po operaci OP60 dosáhneme lepší propustnosti těles (eliminace úzkého místa). Zvýšení kapacity můžeme realizovat dvěma způsoby. Prvním je zvýšení výkonu a tím i rychlosti odsávání stávajícího zařízení, nebo jeho výměna za výkonnější. Druhou variantou je přidání dalšího odsávacího zařízení, tak aby obě pracovala v paralelním zapojení. Původní zařízení vyměnit za nové, protože stávající už nepracuje optimálně. Osobně jsem vybral druhý návrh, který je zobrazen v příloze č. 9. Zvolením druhé varianty, kdy budou dvě zařízení pracovat paralelně, dosáhneme větší spolehlivosti, lepší kapacity odsávacího zařízení a snížíme dobu cyklu o 6 sekund. Zvýšíme množství odsávaného zbytkového oleje, který dále recyklujeme, a snížíme spotřebu média v pračce, která následuje jako další operace.

Pro chybějící označení 5S pro vozíky po výstupu z pračky jsem navrhnul řešení v podobě nakreslení nového označení. Výhoda spočívá v tom, že již nejde vozíky zaměnit a lze dodržovat režim FIFO. Provedení úpravy můžeme vidět v příloze č. 10.

Přestavění pracovišť kontroly těles jsem realizoval tak, aby se co nejvíce optimalizoval materiálový tok a pracovní cesty pracovníků. Můj návrh je přesunout nově vytvořenou výstupní FIFO dráhu hned vedle manuální kontroly těles. Do teď byl umístěn prostor pro odkládání vozíků s tělesy daleko od manuální kontroly. U operace TEM-P jsem přemístil chladicí komoru na druhou stranu a zároveň ji natočil tak, aby byla vedle termické komory. Tzn., že chladicí komora bude umístěna mezi prvním strojem AFM a TEM-P. Naproti chladicí komoře bude další FIFO dráha pro pracoviště AFM. Novým uspořádáním dosáhneme lepší přehlednosti všech pracovišť, zkrácení materiálového toku, zkrátíme cesty a plýtvání času pracovníků, kteří můžou ušetřený čas věnovat pracovní náplni. Realizace uspořádání je uvedena na obrázku č. 11 v příloze.

Definování dráhy po operaci AFM jsem navrhl jednoduchým nákresem na podlaze. Realizace je uvedena na obrázku č. 13 v příloze.

Po simulaci měkké části linky jsem z výsledků odvodil nové hodnoty mezioperačních zásob. Po operaci OP60 jsem snížil zásoby z původních 480 kusů na 300. Za operací pračka jsem určil stav zásob na 120 z 300 kusů. Zásoby za operacemi manuální kontrola a TEM jsem určil na hodnotu 240 z původních 300 a 420 kusů. Před kalírnou byl stav 3840 ks, který jsem snížil na 2700 kusů. Výslednou simulaci můžete vidět na obrázku č.20 v příloze. Podrobné rozepsání mezioperačních zásob je v tabulce č.1.

Tab. 1: Současný a nový stav mezioperačních zásob

	Současný stav zásob [ks]	Nový stav zásob [ks]	Úspora [ks]	Uvolněný kapitál [Kč]
OP 60	480	300	180	135 000,-
Pračka	300	120	180	135 000,-
Manuální kon.	300	240	60	67 500,-
TEM-P	420	240	180	135 000,-
Kalírna	3840	2700	1140	855 000,-
Σ	5340	3600	1740	1 305 000,-

7 Výrobní linka Flex HB

Druhá část výrobní linky je Flex HB, také označována jako tvrdá, protože se zde tělesa opracovávají až po zakalení v kalírně. Tvrdá linka obsahuje následující operace:

- obrábění sacího ventilu, elementu a šálku,
- broušení ZP strany,
- obrábění flansche, průměrů,
- honování elementů,
- obrábění 70° sedla,
- praní a zkouška těsnosti,
- výstupní kontrola.

7.1 Současný stav linky Flex HB

Popis linky Flex HB slouží, jako v předchozím případě, ke zdokumentování současného stavu linky. Na základě tohoto popisu navrhnou takové změny, abych dosáhl zlepšení efektivnosti výroby.

Z kalírny jsou tělesa převezena do supermarketu, kde jsou uspořádána do FIFO drah a rozdělena podle jednotlivých typů. Odtud si je odebírají pracovníci z tvrdé linky. Ze supermarketu putují na první operaci OP140, kde pracovník má jeden vozík s tělesy a ta pak postupně skládá na pás vedoucí do stroje. Až skončí operace, obrobená tělesa vyjíždí ven na výstupním pásu vedoucím ze stroje. Pracovník potom tělesa skládá do nového vozíku, vyplní průvodní list a umístí ho na vyznačené místo. Odtud si je podle typu tělesa odebírají pracovníci z operací OP150 a OP160.

Pracovník si odebere vozík s tělesy a stejně jako u předchozí operace tělesa postupně skládá na transportní pás, který vede do stroje a hotová tělesa skládá do nového vozíku, vyplní průvodní list a odveze vozík místo k tomu určené. Na operaci OP150 se brousí ZP strana tělesa a na operaci OP160 se provádí broušení flansche a průměrů. Následují další operace a to OP180 (Kadia), OP185 (Gehring), pračka a zkouška těsnosti. Postup u nich je opět stejný jako u předchozí operace OP150. Operace OP180 je honování elementů, OP185 je broušení 70° sedla, praním se odstraňuje přebytečný řezný olej a na zkoušce těsnosti se zjišťuje netěsnost 70° sedla.

Tělesa po zkoušce putují na výstupní kontrolu. Na výstupní kontrole se provádí celková vizuální prohlídka tělesa. Prohlíží se zákaznické připojení, 70° sedlo, element

(pokud je) a ZP. Tělesa, která prošla kontrolou, jsou označena zeleným štítkem. Načte se jejich DataMatrix kód a pošlou se dál do centrálního supermarketu. Pokud tělesa neprošla, jsou označena jako vadná a podle stupně poškození dostávají barvu štítku žlutou nebo červenou. Žlutá značí, že tělesa půjdou na opravu, a červená, že je musí posoudit koordinátor kvality. Výstupní kontrola je závěrečná kontrola předtím, než se hotová tělesa umístí do centrálního supermarketu, ze kterého je pak odebírání další část výroby.

7.2 VSM výrobní linky Flex HB

VSM linky Flex HB, která je na obrázku č. 5. v příloze, ukazuje následující projekty:

- optimalizace pracovníků na OP140-160,
- prostorové uspořádání strojů na OP150-160,
- prostorové uspořádání strojů Kadia a Gehring,
- optimalizace mezioperačních zásob.

7.2.1 Návrhy optimalizací Flex HB

Optimalizace pracovníků na pracovištích OP140-160 provádím na základě spaghetti diagramu, který zachycuje pohyby obsluhy mezi danými pracovišti. Z diagramu lze vidět, že pracovníci nejsou příliš vytíženi. Navrhuji optimalizaci tak, abych mohl zredukovat pracovníky a ušetřit za ně náklady.

S prvním projektem souvisí i nové prostorové uspořádání strojů u operací OP150-160. V současnosti jsou obě pracoviště velmi nepřehledná a pracovníci musí absolvovat delší cesty mezi stroji než je potřeba a jejich vytíženost na základě spaghetti diagramu není příliš velká. Novým uspořádáním strojů a cest mezi nimi, můžeme dosáhnout lepší organizace práce a snížení počtu pracovníků na směnu.

Podobná situace je i u operací OP180 (Kadia) a OP185 (Gehring), které jsou mezi sebou promíchané a pracovníci musí chodit zbytečně delší cesty. Můj návrh pozmění prostorové uspořádání strojů tak, aby se zkrátily cesty mezi stroji, a na základě zkrácení těchto cest zredukuji jedno pracovní místo. Původní rozestavění je uvedeno v příloze na obrázku č. 18.

Pomocí programu Witness 2007 navrhují optimalizaci mezioperačních zásob výrobní linky HB, které nejsou v současné době určeny žádným systémem.

7.3 VSD a návrhy optimalizace výrobní linky Flex HB

Z výsledků spaghetti diagramu u operace OP140 jsem usoudil, že jeden ze dvou pracovníků není dostatečně vytížený. Spaghetti diagram je totiž téměř shodný s diagramem na OP10, kde obsluhu provádí jeden pracovník a jeho náplň práce je podobná. Zaznamenaný spaghetti diagram z operace je uveden v příloze na obrázku č. 15. Když snížím počet pracovníků na jednoho, plně tím využiji pracovní čas zbylého pracovníka a zároveň ušetřím 2 500 000 Kč za rok.

U strojů operace OP160 bych trochu pozměnil jejich rozestavení. Spaghetti diagram ukazuje, že pracovníci mají zbytečně dlouhé cesty. Když stroje natočím, tak by pracovníci nemuseli zbytečně chodit navíc desítky metrů. Při tomto pozměněném rozestavení půjde ušetřit jedno pracovní místo, protože vzdálenosti mezi stroji jsou zkrácené a pracoviště je přehlednější. Dále lze ze spaghetti diagramu usoudit, že obsluha u strojů není moc vytížená. Problém při tomto rozestavení a snížení počtu pracovníků by mohl nastat, kdyby se vyskytl složitější problém na stroji, který by vyžadoval větší pozornost. Přestavěním strojů a zredukováním jednoho pracovního místa ušetřím cca 2 500 000 Kč za rok. Návrh je zobrazen obrázcích č. 16 a č. 17 v příloze.

Přestavění strojů Kadia a Gehring jsem realizoval tak, že jsem přemístil na místo Kadie, která je naproti Gehringu, další stroj Gehring a na místo původního Gehringu jsem umístil Kadii. V tomto stavu jsou všechny tři stroje Kadia pohromadě a může je obsluhovat jenom jeden pracovník na místo dvou. U strojů Gehring jsem ponechal jednoho pracovníka. Tímto přestavěním jsem dosáhl redukce jednoho pracovního místa. Po vyčíslení je úspora cca 2 500 000 Kč za rok. Návrh na přestavění je uveden v příloze na obrázku č. 19.

Po provedení simulace výrobní linky jsem stanovil nové hodnoty mezioperačních zásob. Za operací OP140 byl stav zásob 540 kusů, nově stanovený je 300 kusů. Operace OP150 měla stav 480 kusů, po optimalizaci je nový stav 240 kusů. U operací OP160, Kadia a Gehring byly zásoby stanoveny na 120 kusů z původních 360, 420 a 480 kusů. Ukázka simulace je uvedena na obrázku v příloze č. 21. Detailní rozepsání mezioperačních zásob je v následující tabulce č.2.

Tab. 2: Současný a nový stav mezioperačních zásob

	Současný stav zásob [ks]	Nový stav zásob [ks]	Úspora [ks]	Uvolněný kapitál [Kč]
OP 140	540	300	240	312 000,-
OP 150	480	240	240	312 000,-
OP 160	360	120	240	312 000,-
Kadia	420	120	300	390 000,-
Gehring	480	120	360	468 000,-
Σ	2 280	900	1 380	1 794 000,-

8 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem řešil optimalizaci interních logistických toků ve výrobě těles CP3 u firmy BOSCH Diesel s.r.o. v Jihlavě. Úpravami jsem se zabýval na výrobní lince, která má označení Flex a vyrábí tělesa, což je nejdůležitější část vysokotlakých dieselových čerpadel CP3. Optimalizaci jsem navrhoval z hlediska počtu pracovníků, mezioperačních zásob a materiálového toku.

Pro moji práci bylo nejprve nutné se seznámit s interními procesy výroby, z kterých jsem načerpal informace o tom, jak výrobní linka pracuje. Každou část linky jsem důkladně analyzoval a na základě svého pozorování, zkušeností zaměstnanců a nakreslení materiálového toku jsem navrhoval jednotlivé optimalizace.

Pozorování je jeden ze způsobů, jakým jsem získával informace o lince a současně připravoval návrhy na optimalizaci. Pomocný nástroj pro zaznamenávání pohybu pracovníků jsem používal spaghetti diagram.

Dalším způsobem, jak získat podněty pro nápady optimalizací, byly zkušenosti pracovníků a mistrů linky. Každý z mistrů mě provedl svým úsekem linky a popsal její činnost a operace, které se na ní provádějí.

Posledním způsobem bylo nakreslení materiálového toku mezi jednotlivými pracovišti. Zde jsem navrhoval lepší prostorové uspořádání pracovišť a tím jsem dosáhl zkrácení materiálového toku.

Na základě všech těchto činností jsem navrhl následujících deset projektů na optimalizaci Flex linky (WB – 6 projektů a HB – 4 projekty). V následujících odstavcích jednotlivé projekty představím.

Na měkké části výrobní linky jsem navrhl celkem šest projektů. Na začátku výrobní linky jsem navrhl vytvořit nový supermarket pro výkovky. Přínosem takto nově definovaného supermarketu je optimalizace stavu zásob výkovků na skladě a současně eliminace nedostatku potřebných výkovků pro výrobní linku.

Zvýšením kapacity odsávacího zařízení po operaci OP60 dosáhnou vyšší propustnosti těles a eliminuji tím úzké místo výrobní linky. Navrhl jsem dvě možnosti řešení. Prvním je výměna stávajícího zařízení za nové a výkonnější. Lepší variantou je však přidání dalšího odsávacího zařízení, tak aby obě pracovala v paralelním zapojení, a stávající vyměnit za nové. Tímto návrhem zvýším nejen kapacitu, ale také se zabráni poruchám díky, kterým se zastaví všechny předcházející operace (zvýšení efektivity výrobního zařízení).

Implementací 5S označení po operaci pračka dosáhnu toho, že možnost záměny vozíků s tělesy vyjíždějících z pračky je minimální a lze dodržovat režim FIFO.

Změnou uspořádání a toku materiálu kontroly těles získám lepší přehlednost všech pracovišť, zkrácení materiálového toku a zároveň zkrátím cesty pracovníků, kteří mohou ušetřený čas věnovat pracovní náplni.

U kontroly těles jsem také navrhl chybějící FIFO dráhu po operaci AFM. Díky nové FIFO dráze je nyní pořadí vozíků s tělesy nezaměnitelné.

Posledním projektem na WB je optimalizace mezioperačních zásob. Snížením zásob zároveň snížím náklady na jejich skladování a uvolním vázaný kapitál. Mezioperační zásoby na měkké části linky jsem snížil o 1740 kusů a uvolněný vázaný kapitál bude při průměrné ceně 750 Kč za těleso přibližně 1 305 000 Kč.

Na tvrdou část linky jsem navrhl čtyři projekty pro její optimalizaci. Na operaci OP140 jsem snížil jedno pracovní místo z důvodu malé vytíženosti pracovníků. Úspory, kterých dosáhl, jsou cca 2 500 000 Kč za rok.

Novým prostorovým uspořádáním na operaci OP150-160 jsem získal lepší rozestavení strojů a na základě této úspory můžu ušetřit další pracovní místo. Úspory v tomto případě jsou rovněž cca 2 500 000 Kč za rok.

Prostorovým uspořádáním u operací Gehring a Kadia získám pro pracovníky kratší cesty mezi jednotlivými stroji a můžu snížit počet pracovišť. Úspory, kterých jsem dosáhl, jsou cca 2 500 000 Kč za rok.

Posledním projektem je optimalizace mezioperačních zásob na HB. Mezioperační zásoby tvrdé linky jsem snížil o 1380 kusů, uvolněný kapitál bude při ceně 1300 Kč za těleso přibližně 1 794 000 Kč.

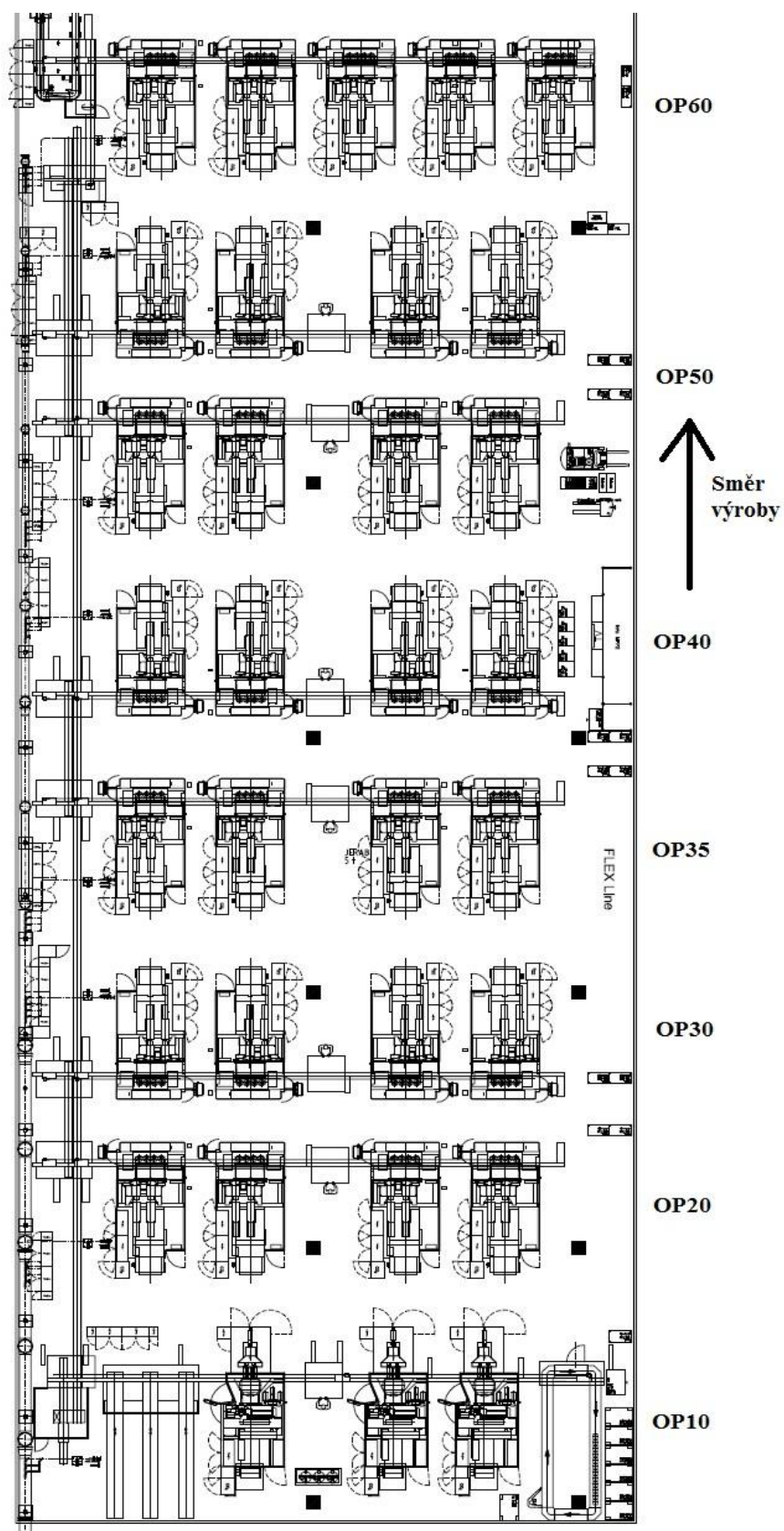
Výše popsanými optimalizacemi jsem dosáhl výrazného zpřehlednění materiálového toku a pracovišť. Výrazné úspory pracovních míst a redukce nadbytečných mezioperačních zásob. Dosáhl jsem zvýšení spolehlivosti a propustnosti na odsávacím zařízení. Celková úspora za ušetřená pracovní místa je cca 7 500 000 Kč ročně, což je rozhodně nezanedbatelná částka. Při snížení mezioperačních zásob jsem uvolnil vázaný kapitál o celkové hodnotě cca 3 099 000 Kč.

Použitá literatura

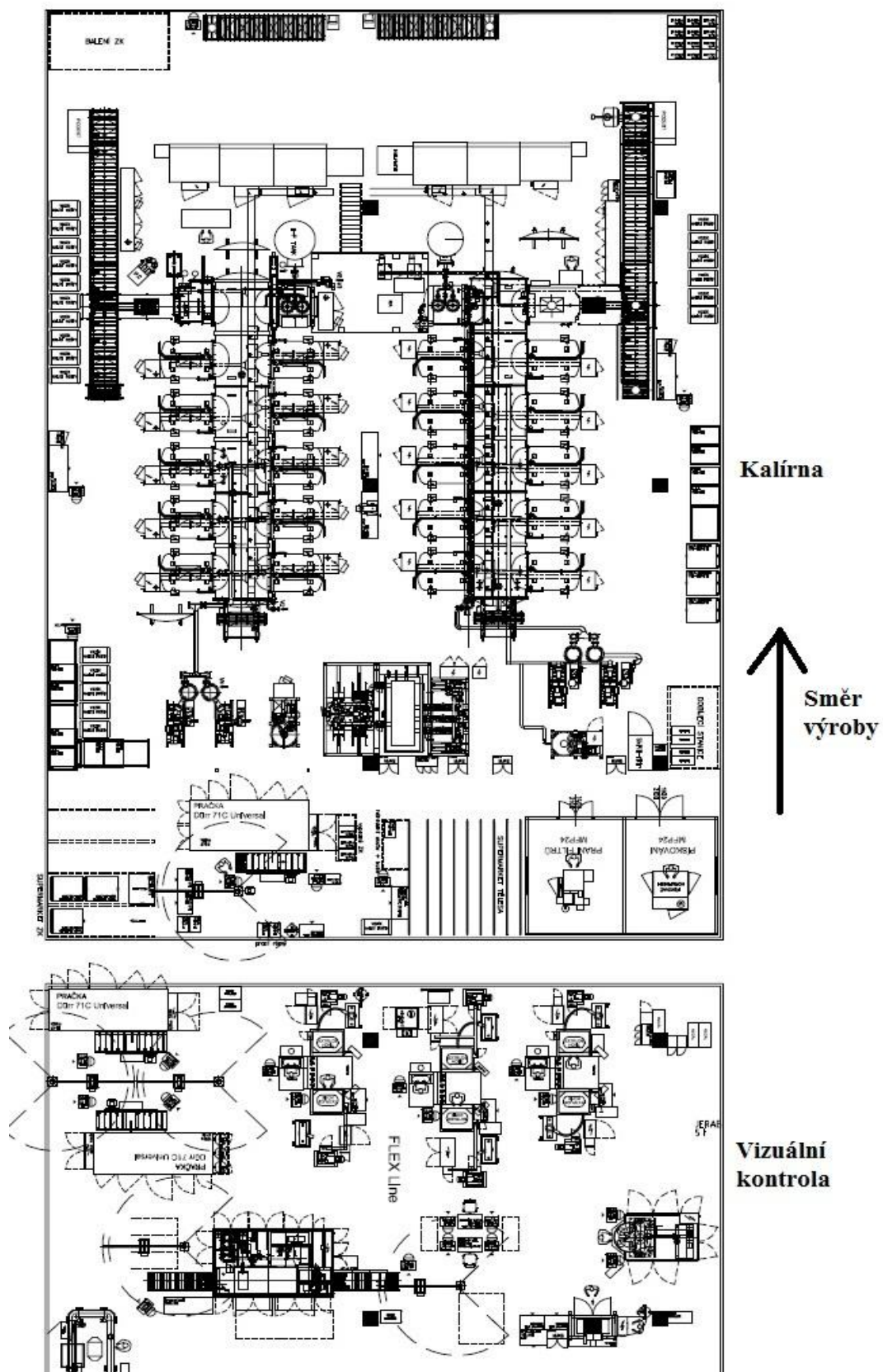
- [1] *Interní materiály firmy BOSCH Diesel s.r.o.*
- [2] *O firmě Bosch v České republice* [online]. [cit. 2010-17-11]. URL: <<http://www.bosch.cz/content/language1/html/867.htm>>
- [3] *BOSCH DIESEL s.r.o. – Jihlava* [online]. [cit. 2010-17-11]. URL: <<http://www.bosch.cz/content/language1/html/2927.htm>>
- [4] *Kanban a jeho aplikace* [online]. [cit. 2010-29-11]. URL: < <http://e-api.cz/page/68342.kanban-a-jeho-aplikace/> >
- [5] *Kanban* [online]. [cit. 2010-29-11]. URL: < <http://sk.wikipedia.org/wiki/Kanban> >
- [6] Cílková Eva a kol., *Řízení zásob* [online]. [cit. 2010-20-12]. URL:<http://pef.czu.cz/~panek/Logistika_09/Projekty/1400IRizeni_zasob.ppt>
- [7] *Proces „Lean manufacturing“ ve výrobním provozu firmy* [online]. [cit. 2010-20-12]. URL:<http://studentka.sms.cz/index.php?P_id_kategorie=7630&P_soubor=%2Fstudent%2Findex.php%3Fakce%3Dprehled%26ptyp%3D%26cat%3D36%26idp%3D%26detail%3D1%26id%3D4203%26view%3D1%26url_back%3D%26>
- [8] *Informační tok* [online]. [cit. 2010-20-12]. URL:<<http://logistika-cz.studentske.cz/2008/11/informan-tok.html>>
- [9] *Archív* [online]. [cit. 2010-20-12]. URL:<http://logistika-cz.studentske.cz/2008_10_30_archive.html>
- [10] *Materiálový tok* [online]. [cit. 2010-20-12]. URL:<<http://logistika.studentske.cz/2009/06/materialovy-tok.html>>
- [11] *Supermarket* [online]. [cit. 2011-12-1]. URL:<<http://e-api.cz/page/68345.supermarket/>>
- [12] *Všeobecné informace* [online]. [cit. 2010-17-11]. URL: <http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=617>

- [13] *Lean manufacturing* [online]. [cit. 2010-17-11]. URL: <
http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing>
- [14] *Zhospodárnění podnikové dopravy ve firmě Bosch diesel* [online]. [cit. 2010-17-
11]. URL: < [http://is.muni.cz/th/212735/esf_b/Bakalarska_prace_-
_Zhospodarneni_podnikove_dopravy_ve_firme_Bosch_Diesel.txt?lang=en](http://is.muni.cz/th/212735/esf_b/Bakalarska_prace_-_Zhospodarneni_podnikove_dopravy_ve_firme_Bosch_Diesel.txt?lang=en)>
- [15] Kapounová Veronika, *Skladové hospodářství konkrétního podniku* [online]. [cit.
2011- 12-1]. URL: < is.muni.cz/th/135209/esf_m/DP_Kapounova.doc>

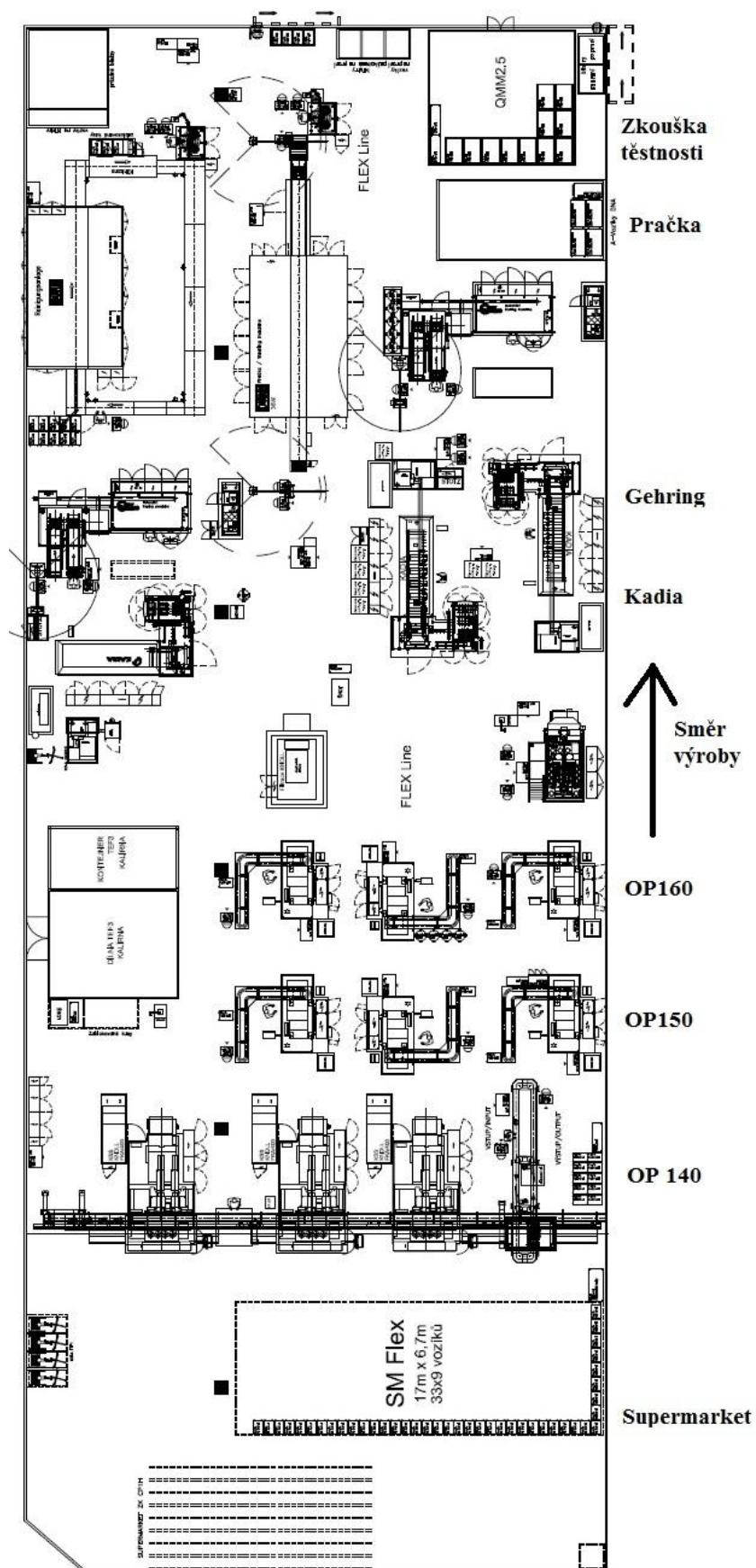
Přílohy



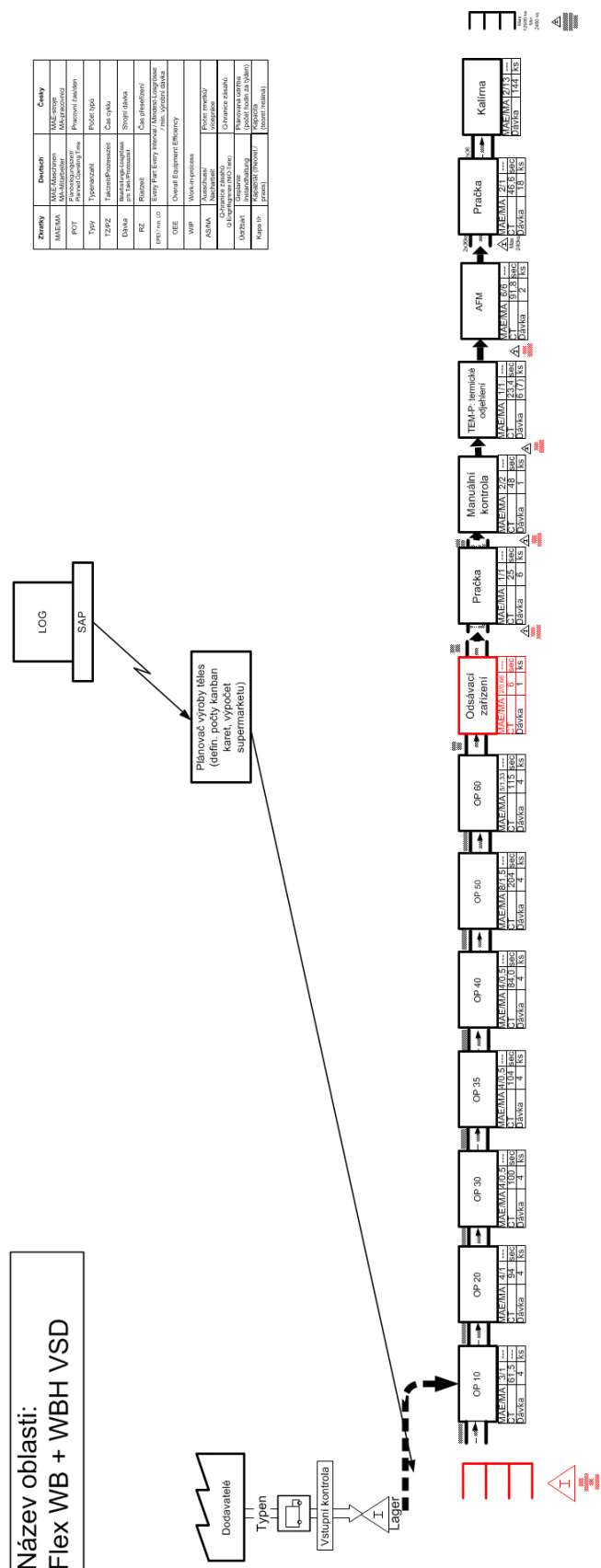
Obr. 4: Původní layout linky Flex WB, operace OP10-60.



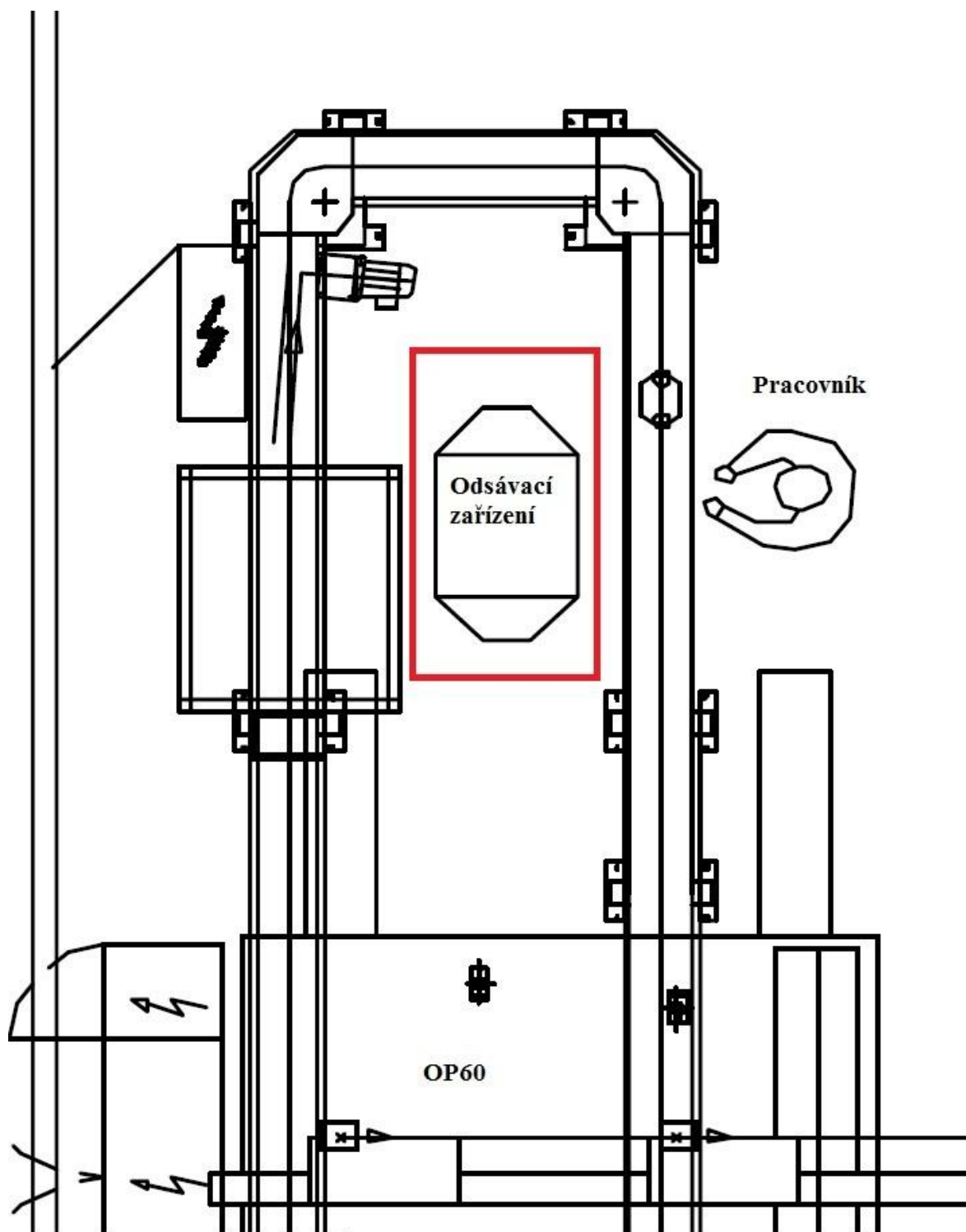
Obr. 5: Původní layout výrobní linky Flex WBH, vizuální kontrola a kalína.



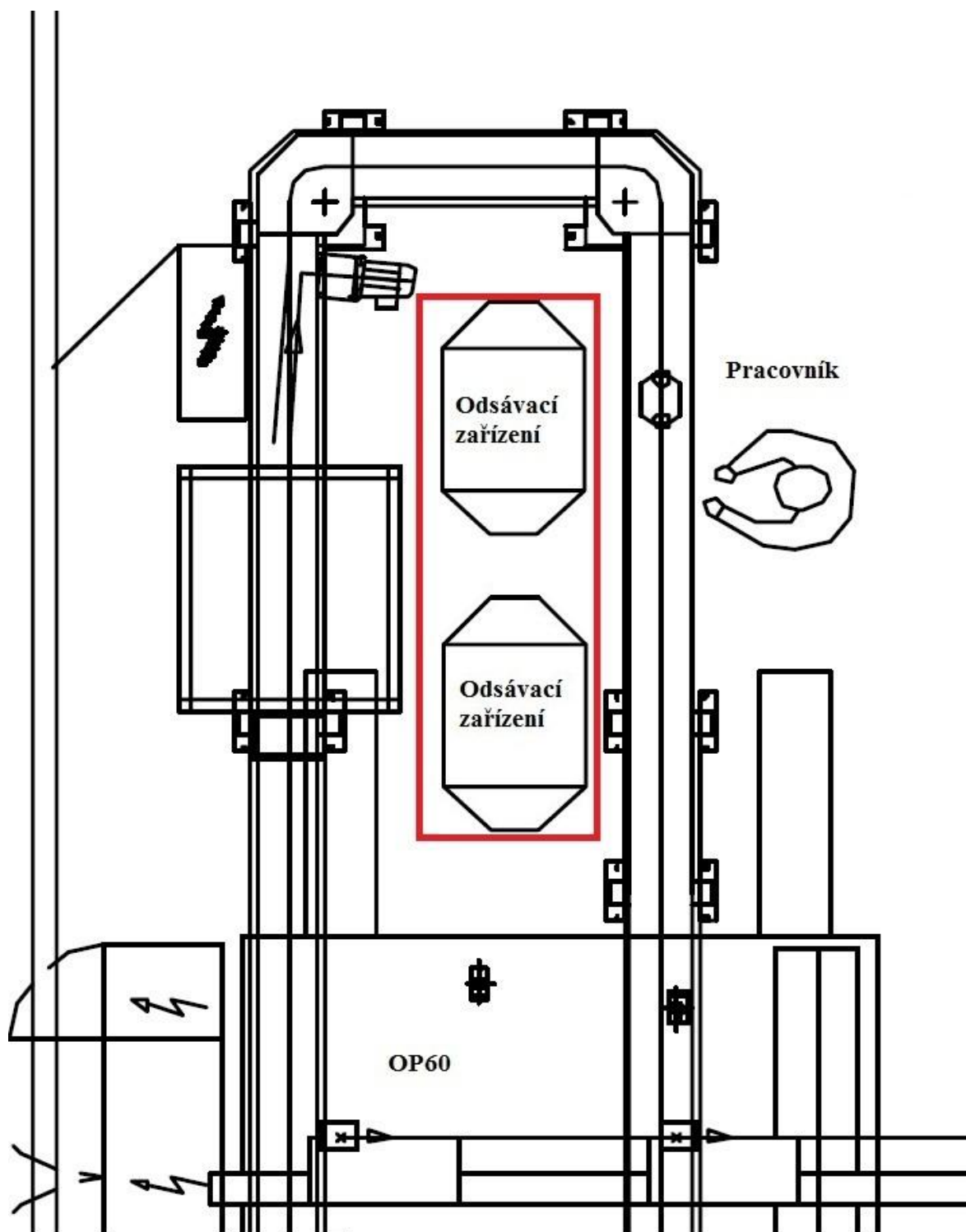
Obr. 6: Původní layout výrobní linky Flex HB, OP140-160, Kadia, Gehring a zkouška těsnosti.



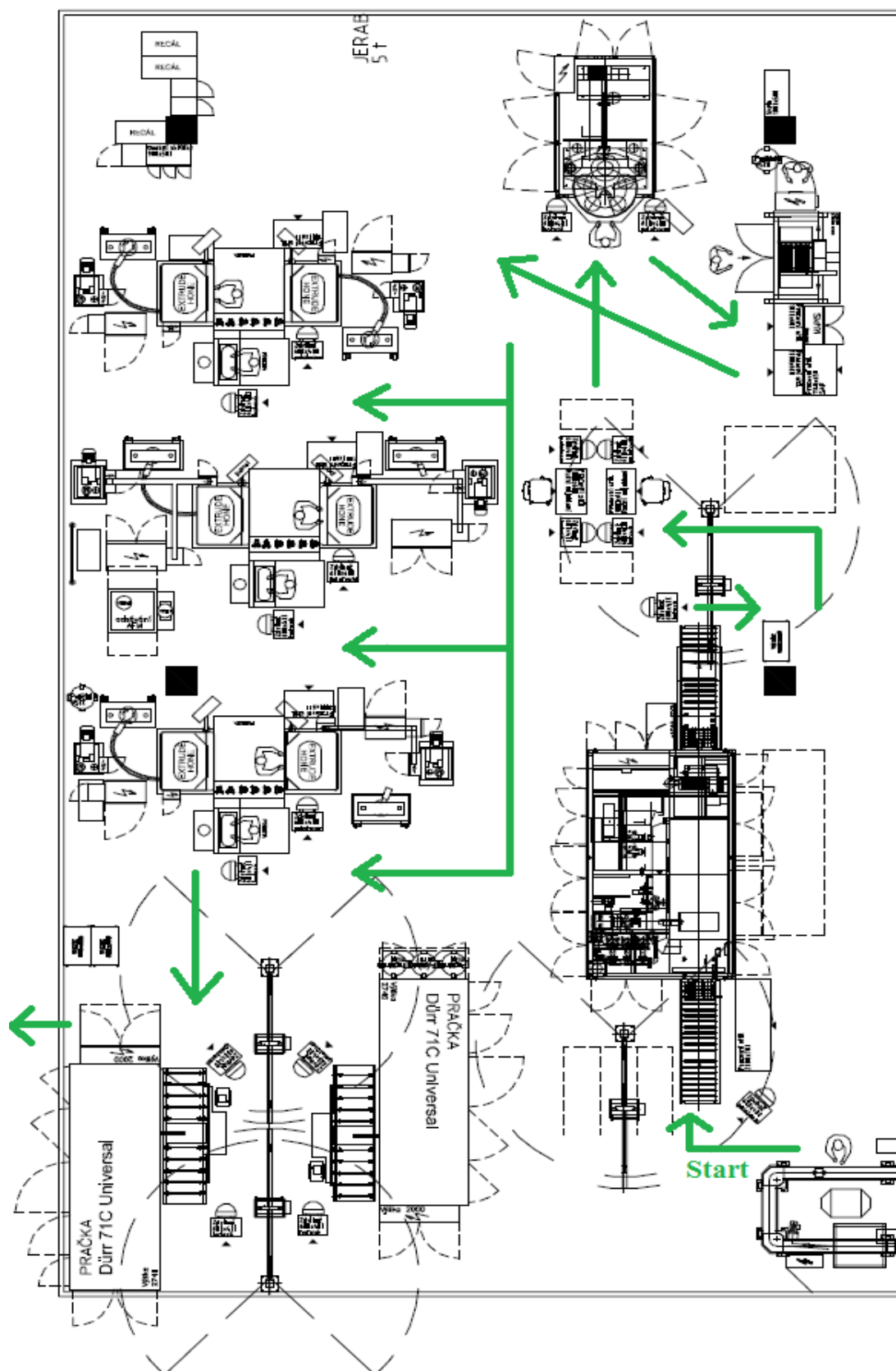
Obr. 6: Výsledný VSD měkké části výrobní linky Flex. Červeně jsou zvýrazněny změny.



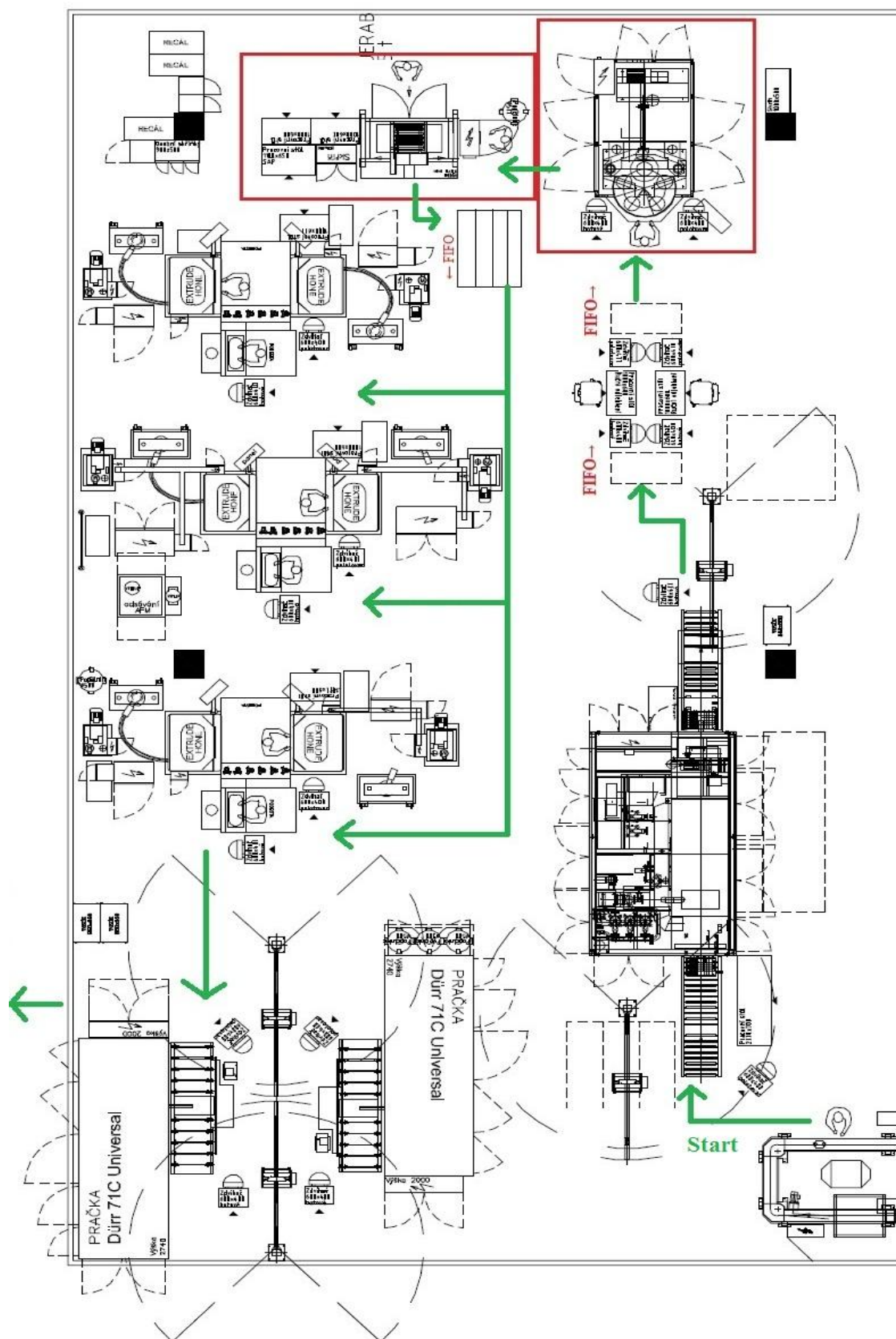
Obr. 8: Původní rozestavění odsávacího zařízení.



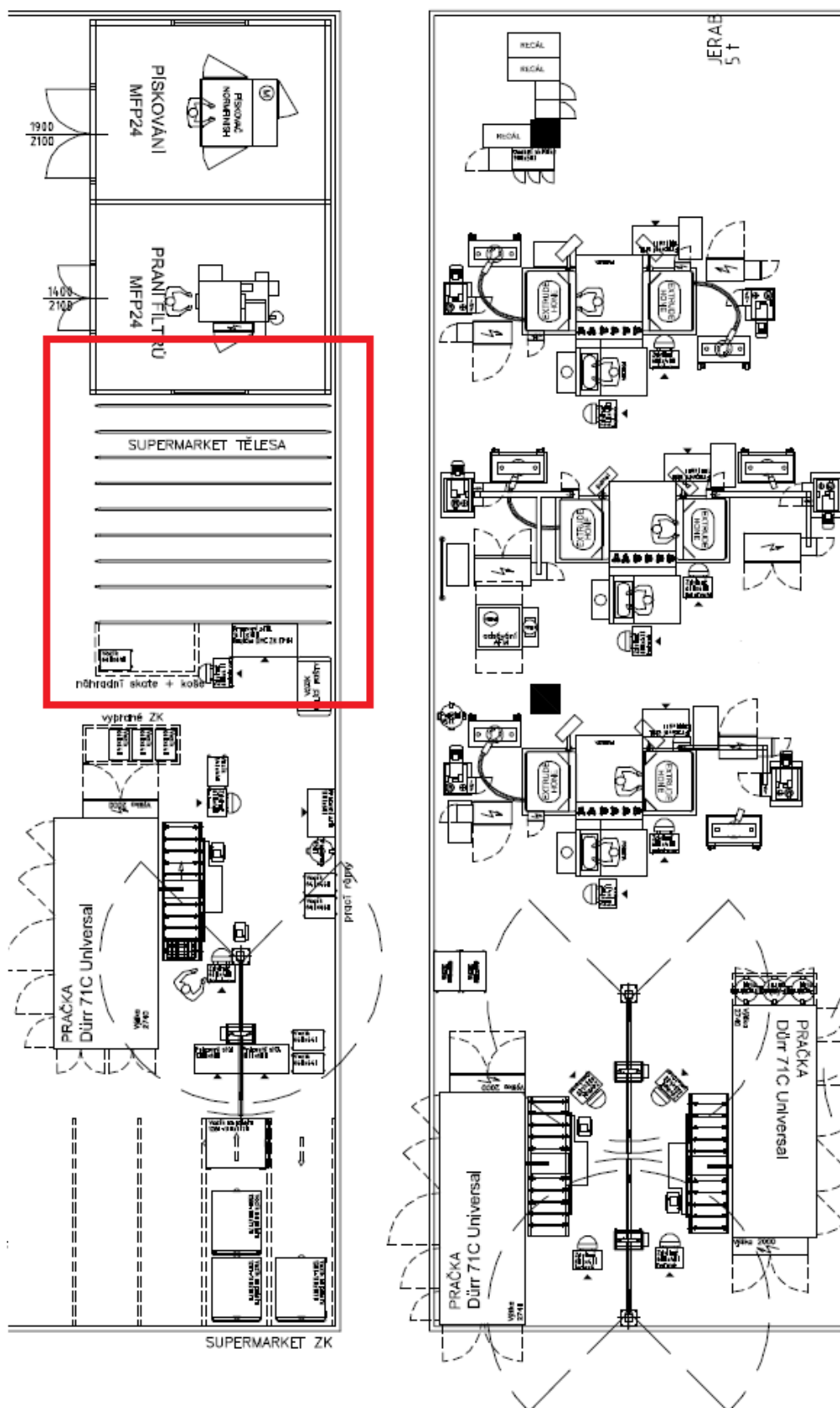
Obr. 9: Návrh na přidání druhého odsávacího zařízení.



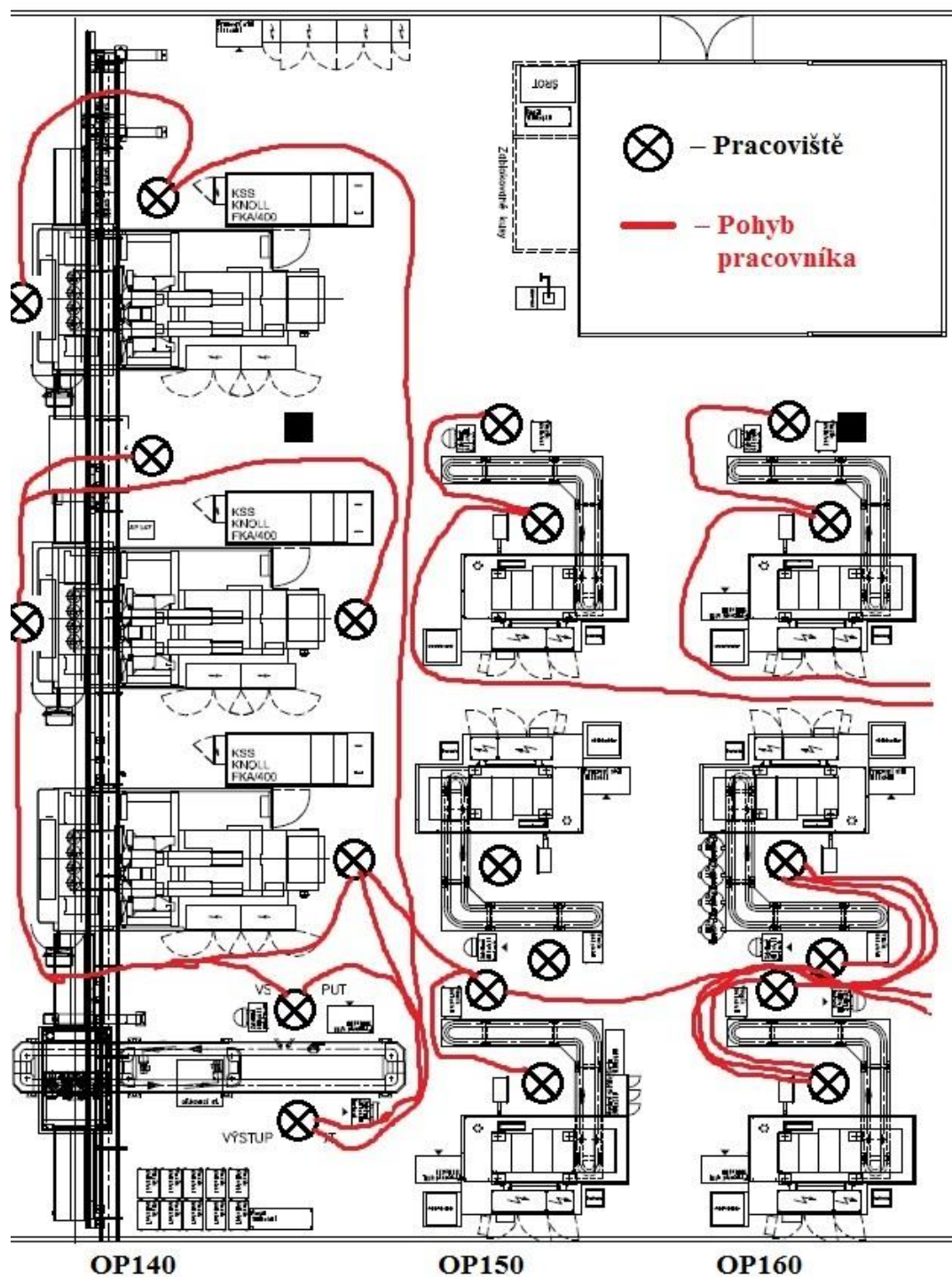
Obr. 11: Původní prostorové rozmístění kontroly těles se znázorněným materiálovým tokem.



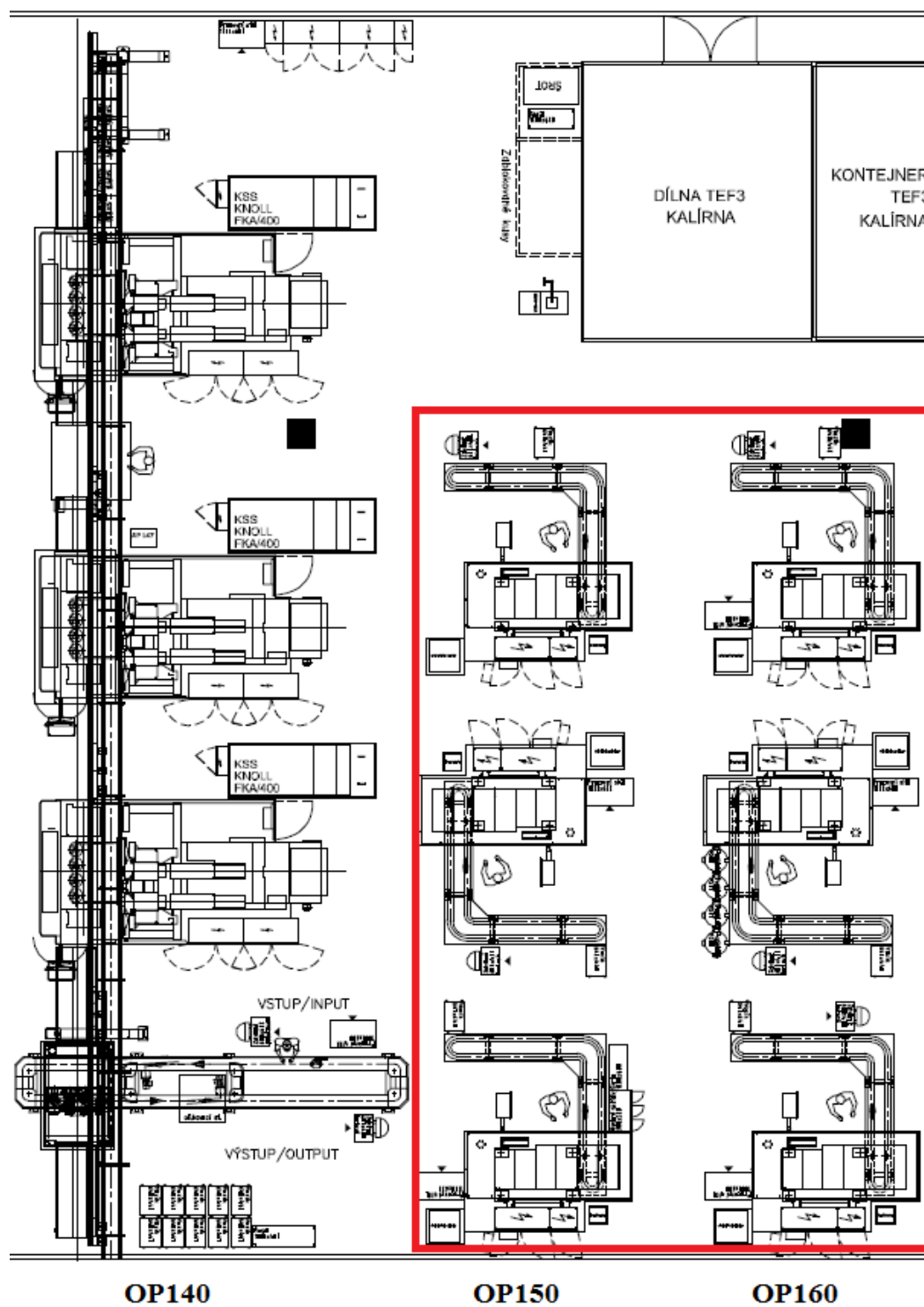
Obr. 12: V červených rámečcích je znázorněno nové rozmístění strojů a materiálový tok.



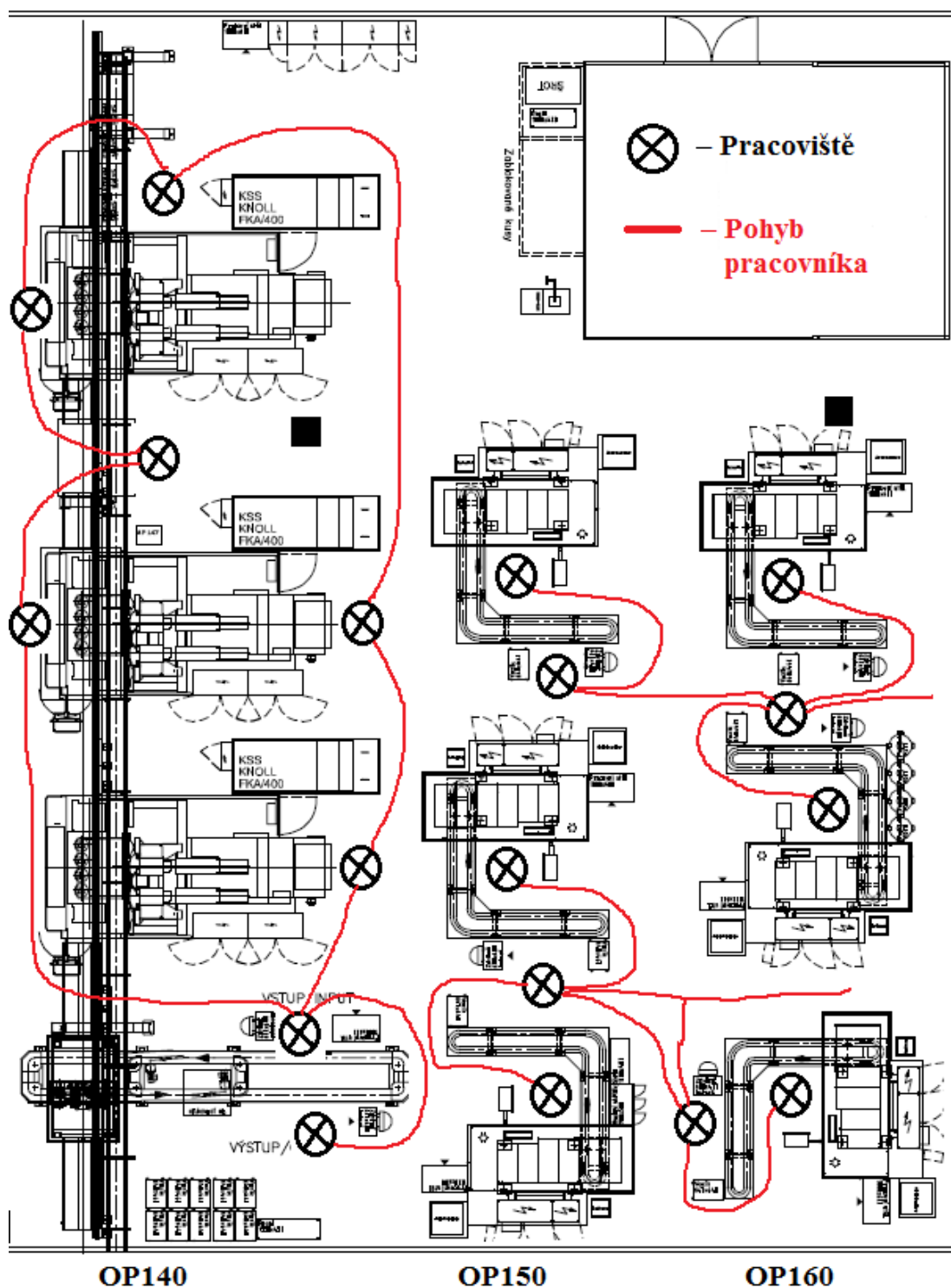
Obr. 13: Na layoutu je vyznačeno místo, kde chybí FIFO dráha po operaci AFM.



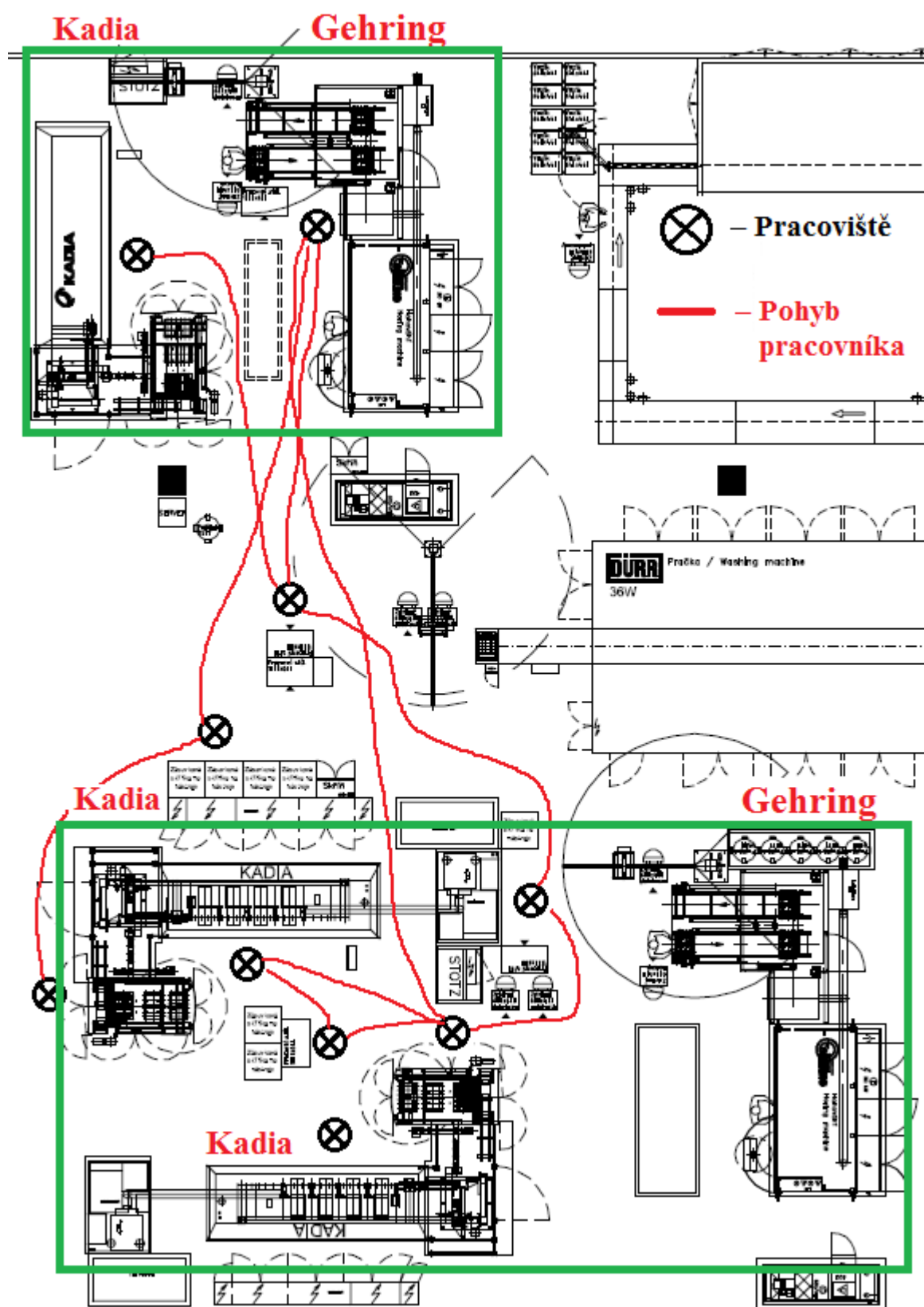
Obr. 15: Původní prostorové rozmístění strojů včetně spaghetti diagramu pěti pracovníků.



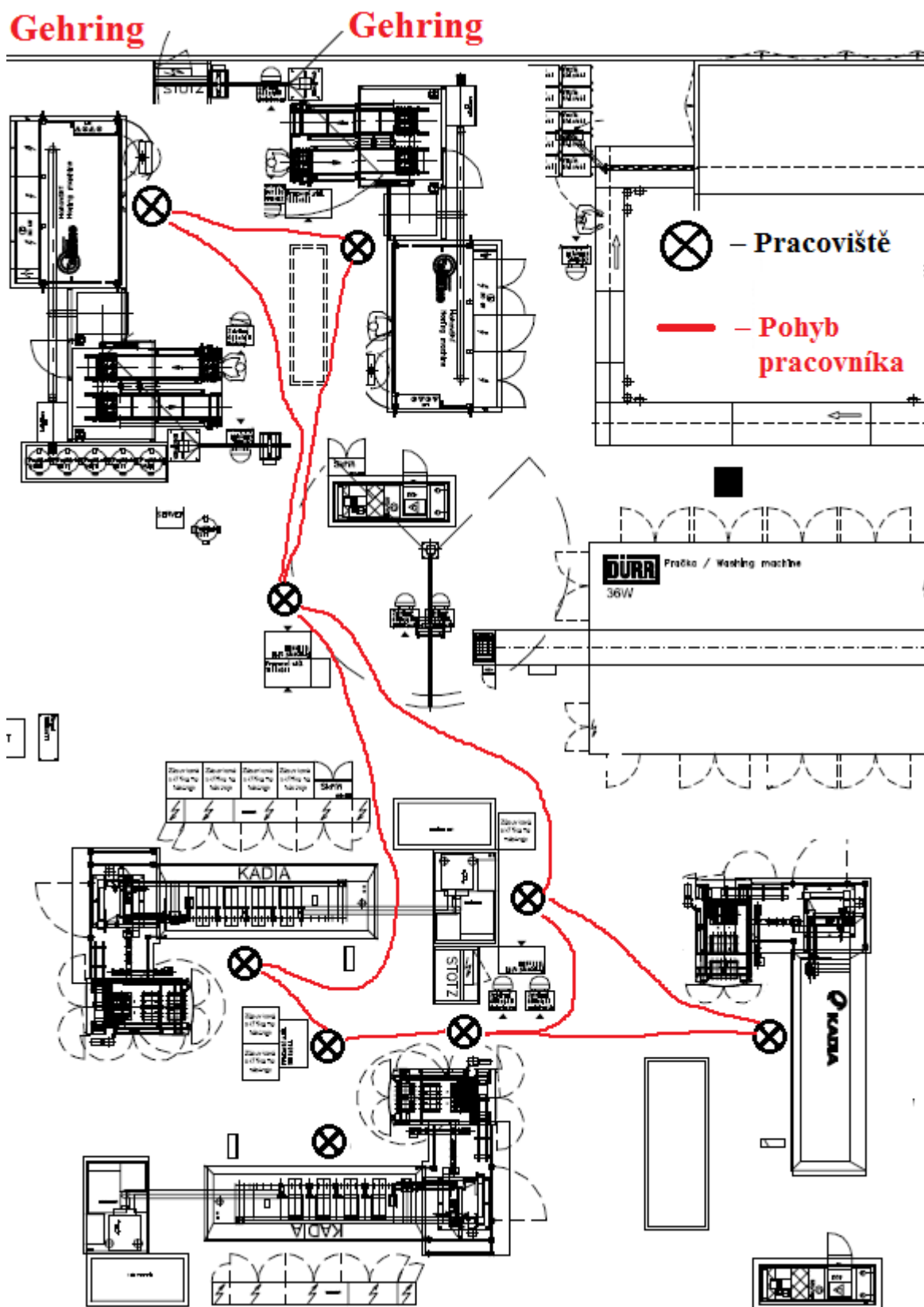
Obr. 16: Na layoutu je vyznačeno červeně, které stroje se budou prostorově uspořádávat.



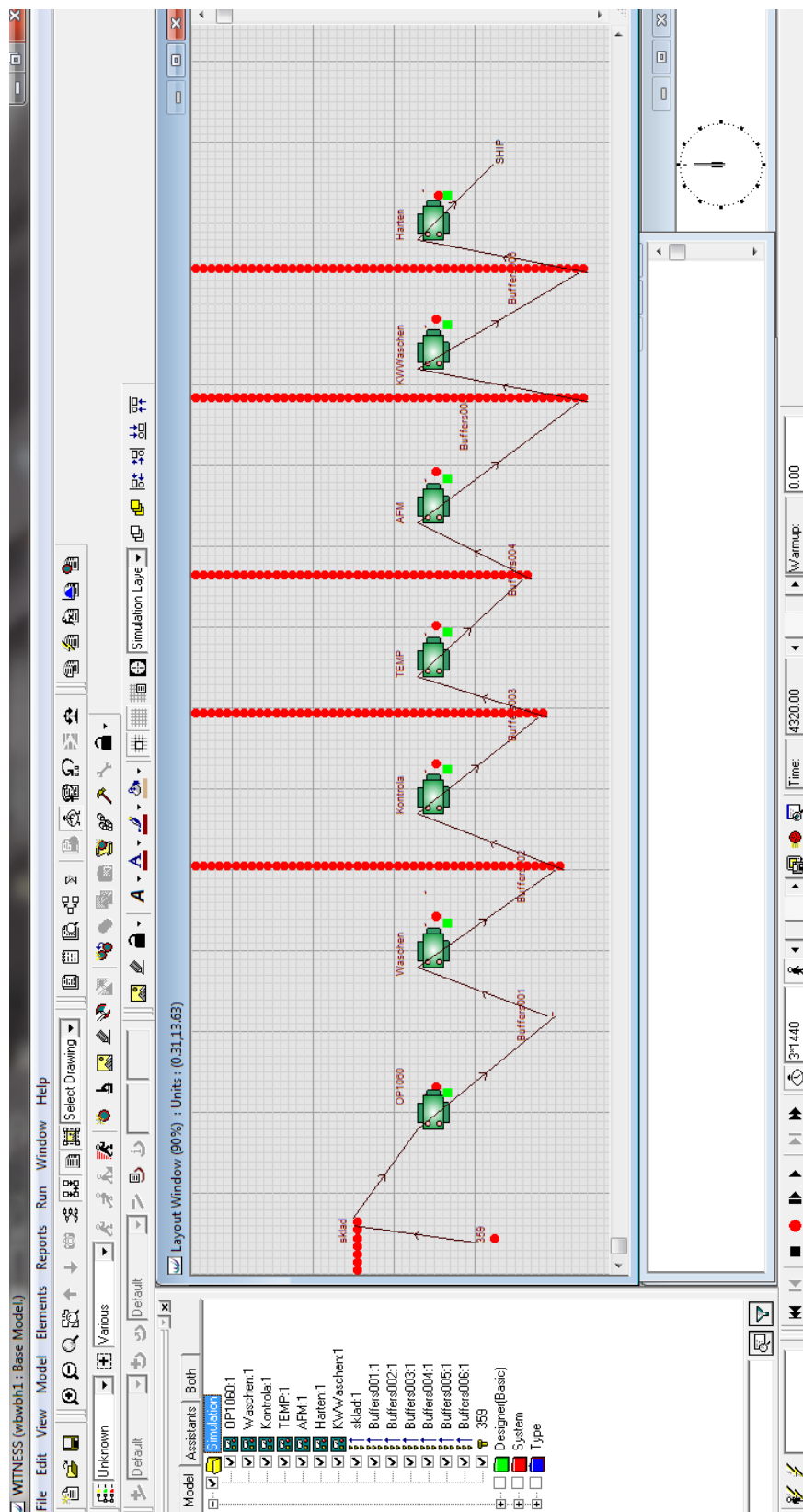
Obr. 17: Nové uspořádání strojů včetně předpokládaných cest tří pracovníků.



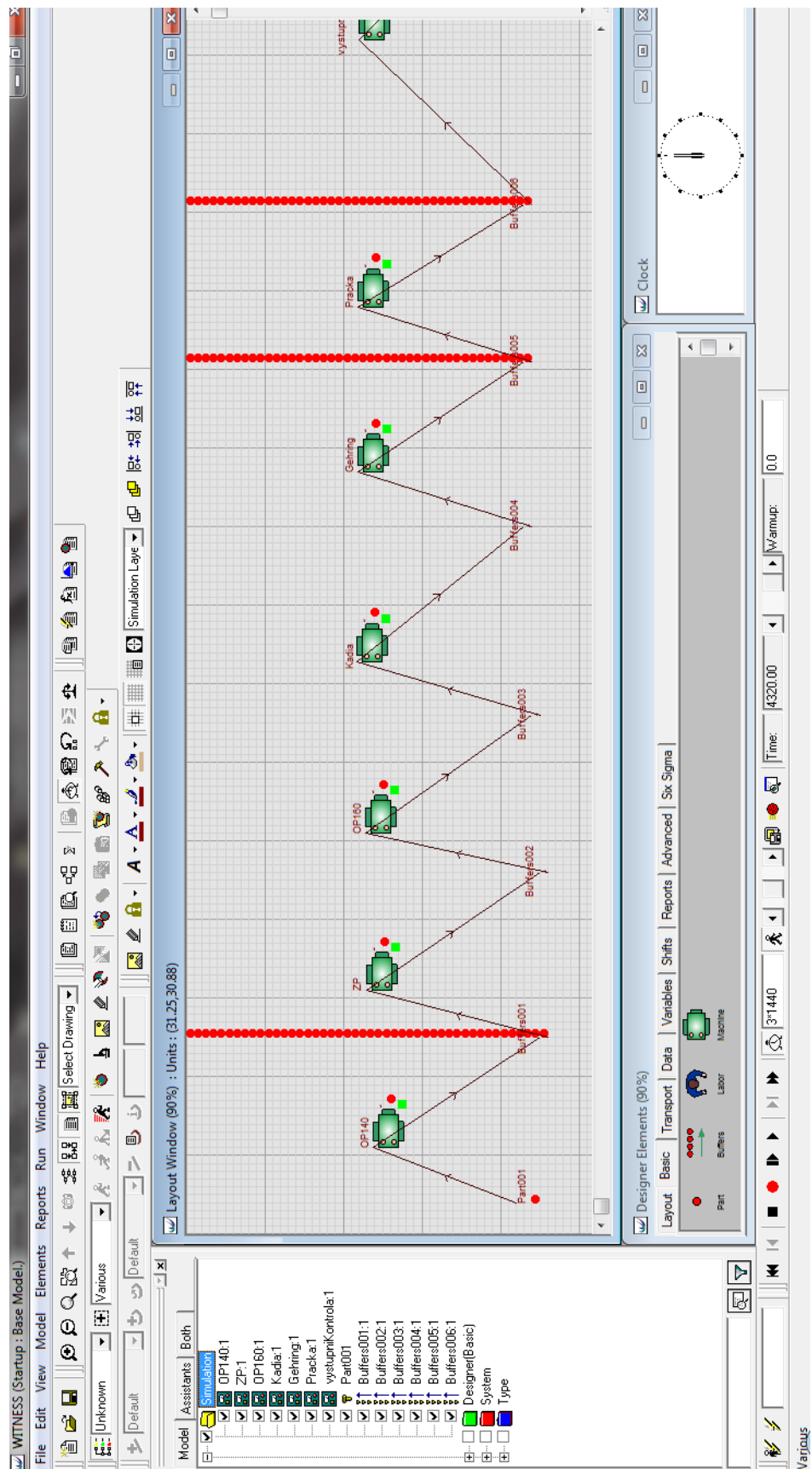
Obr. 18: Původní rozestavení se spaghetti diagramem tří pracovníků.



Obr. 19: Nové prostorové uspořádání strojů včetně navrhovaných pohybů dvou pracovníků spaghetti diagramem.



Obr. 20: Simulace výrobní linky Flex – Měkká část.



Obr. 21: Simulace výrobní linky Flex – Tvrdá část.



Obr. 22: Výkovek – zadní strana



Obr. 23: Výkovek – přední strana



Obr. 24: Výkovky před vstupem do výrobní linky



Obr. 25: DataMatrix kód na tělese



Obr. 26: Manuální kontrola



Obr. 27: Prázdné koše na vozíku



Obr. 28: Blister



Obr. 29: Vsázky před kalírnou

BOSCH		Production Kanban		BOSCH	
(1) part number [REDACTED]		(2) description Gehäuse CP3		(11) Makin code	
(3) supplier PVB753		(4) customer ML		(12) symbol	
(5) quantity 60	(6) unit Stück	(7) packaging type ET 70 268R		(8) Kanban position S	
(9) supplier data / local use PVB753 - Flex		(10) barcode [Barcode]			
(13) delivery schedule		(14) Kanban no. 5	(15) Kanban quantity 40	(16) issuer JhP/MFP2-O	(17) date 21.06.10

Obr. 30: Kanban karta

PŘEZKOUŠENO: DOBRÉ

Č. dílce: F 0 0 N [REDACTED] VKAS-08 TS

Kusů: 60 Datum: 27.5.11 Jméno: [REDACTED]

Další operace: [REDACTED] MONTÁŽ

☐ Vyplnit vždy ☐ Vyplnit dle potřeby

Obr. 31: Štítek ze zkušebny těles



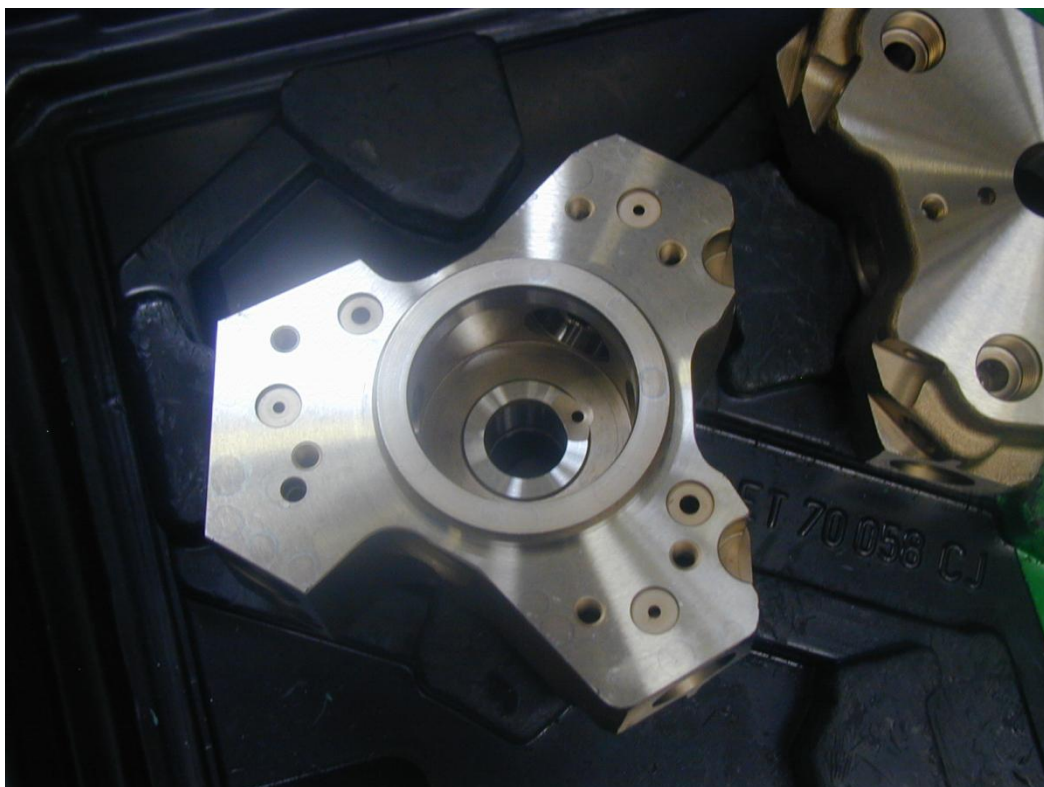
Obr. 32: Vozíky s tělesy po AFM



Obr. 33: Zastávka mlkrunu s časovým rozpisem



Obr. 34: Operace OP160



Obr. 35: Hotové těleso – zadní strana



Obr. 36: Hotové těleso – přední strana



Obr. 37: FIFO dráha



Obr. 38: Supermarket po výstupní kontrole